

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

ESTACIÓN ROBOTIZADA DE PALETIZADO



Memoria y Anexos

Autor: Ignacio Romero Guillén
Director: Javier Gámiz Caro
Convocatoria: Octubre 2017

Resum

El projecte es basa en l'automatització d'una estació de paletitzat robotitzada que permet gestionar l'emmagatzemament d'unes peces segons les indicacions configurades per l'usuari.

El control de l'aplicació es realitza a través d'una interfície home màquina i un controlador PLC, aquest últim, es el responsable de gestionar la resta d'elements que incorpora el sistema, com son el sistema de visió artificial i el robot.

Una de les parts més importants d'aquest projecte, ha estat la integració de tots els elements abans mencionats en una xarxa de comunicació que permet el intercanvi de dades d'una manera ràpida, eficient i segura, en aquest cas, el protocol escollit per aquesta xarxa ha sigut **Profinet** degut a que es l'estàndard de SIEMENS i està molt estès al mon industrial.

Per últim, remarcar que aquest projecte s'ha realitzat amb "*l'Escola Jesuïtes el Clot*" amb una finalitat docent i s'han utilitzat dispositius i equips que ja existien d'anteriors projectes, com es el cas de les cintes transportadores, aquest fet te avantatges i inconvenients, ja que per una banda, no s'ha de dissenyat de zero, però per altre banda, s'ha hagut d'adaptar aquests equips al nou projecte.

Resumen

El proyecto se basa en la automatización de una estación de paletizado robotizada que permite gestionar el almacenamiento de unas piezas según las indicaciones configuradas por el usuario.

El control de la aplicación se realiza a través de un interfaz hombre máquina y un controlador PLC, este último, es el responsable de gestionar el resto de elementos que incorpora el sistema, como son el sistema de visión artificial y el robot de ABB.

Una de las partes importantes de este proyecto, ha sido la integración de todos los elementos antes mencionados en una red de comunicaciones que permita el intercambio de datos de una manera rápida, eficiente y segura, en este caso, el protocolo elegido para esta red ha sido **Profinet** debido a que es el estándar de SIEMENS y está muy extendido en el mundo industrial.

Por último, remarcar que este proyecto se ha realizado con la "*Escola Jesuïtes el Clot*" con una finalidad docente y se han utilizado dispositivos y equipos que ya existían de anteriores proyectos, como es el caso de las cintas transportadoras, este hecho tiene ventajas e inconvenientes, ya que por un lado no se ha tenido que diseñar desde cero, por otro lado, se han tenido que adaptar esos equipos al nuevo proyecto.

Abstract

The project speak about the Automation of a robotized palletizing station where allows to manage the storage of some pieces according to the configured indications by the user.

The application control is done through a human Machine interface (HMI) and a PLC controller, the last one, is the responsible for managing the rest of elements that incorporates the System, such as the artificial vision System and ABB robot.

One of the important parts of this thesis has been the integration of all the aforementioned elements in communication network that allows the exchange of data in a fast, efficient and secure way, in this case, the protocol chosen for this network has been Profinet because it is the SIEMENS standard and it is widespread in the industrial world.

Finally, I would like to emphasize that this project has been realized with "Escola Jesuïtes el Clot" with a teaching purpose and have been used devices and equipment already existed from previous projects, for instance in the case of conveyor belts, this fact has advantages and inconveniences, since that in one hand it has not had to design from scratch, on the other hand, they have had to adapt those equipment's to the new thesis



Agradecimientos

Quiero agradecer a la Escola Jesuïtes el Clot y en especial a Joaquim Subiranas por la ayuda prestada y por darme la posibilidad de realizar el proyecto de final de carrera con ellos.

A Javier Gámiz, por la ayuda prestada en el desarrollo del TFG.

A mi familia, a Laura y a Víctor por estar siempre apoyándome, no solo en el proyecto final si no a lo largo de estos 5 años.

Y en especial a mi futura hija, que es quien me ha dado la motivación para dar el empujón final a este trabajo.





Glosario

HMI → Interfaz hombre-máquina o pantalla táctil.

PLC → controlador lógico programable o autómatas.

CFGS → Ciclo formativo de grado superior.

RS → RobotStudio.

CYUM → Compresor y unidad de mantenimiento.

SDC → Sistema de coordenadas.

TCP → Tool center point.



ÍNDICE

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRADECIMIENTOS	V
GLOSARIO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
1. INTRODUCCIÓN	17
1.2. Origen del trabajo	17
1.3. Motivación	17
1.4. Objetivos del trabajo.....	18
1.5. Requisitos previos	18
1.6. Alcance del trabajo	18
2. ESTADO DEL ARTE	19
2.1. Robots paletizadores	19
2.1.1. Robot pórtico.....	19
2.1.2. Robot antropomórfico.....	19
2.1.3. Robot delta	20
2.1.4. Pinza del robot.....	21
2.1.5. Solución adoptada: Robot IRB120 de ABB	21
2.1.6. El Espacio del robot	24
2.2. Sistemas de visión artificial	29
2.2.1. Solución adoptada: Sistema de visión artificial FQ2 de Omron.....	29
2.3. Sistemas de control.....	33
2.3.1. Solución adoptada: PLC S7-1214C + KPT700 de SIEMENS.....	33
2.4. Redes de comunicaciones.....	34
2.4.1. Profinet	34
2.4.2. Ethernet/IP	35
2.4.3. EtherCAT	35

3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	36
3.1.	Descripción del proceso a automatizar	36
3.2.	Sistema de control	37
3.2.1.	Equipos.....	37
3.2.2.	Requisitos funcionales	37
3.2.3.	Fases del proceso	38
3.3.	Metodología de desarrollo	39
3.4.	Planificación de las tareas: Diagrama de Gantt	41
4.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	42
4.1.	Arquitectura del sistema de control.....	42
4.1.1.	Hardware del sistema	42
4.1.2.	Software del sistema.....	43
4.1.3.	Vista global de las comunicaciones	44
4.2.	Descomposición del problema de control	44
4.3.	Codificación de los sistemas	45
4.4.	Definición de las interfaces del sistema de control	46
4.5.	Definición de los datos de intercambio.....	46
4.5.1.	Intercambio de datos PLC – Robot IRB120.....	46
4.5.2.	Intercambio de datos PLC – HMI	47
4.5.3.	Intercambio de datos PLC - Sistema de visión FQ2	48
4.6.	GRAFCET del programa del PLC S7-1200	49
4.7.	ESTRUCTURA DEL PROGRAMA.....	54
4.7.1.	DEFINICIÓN DEL TIPO DE DATOS	55
4.8.	Programa del HMI.....	57
4.8.1.	ÁRBOL DE NAVEGACIÓN.....	57
4.8.2.	DEFINICIÓN DEL TIPO DE DATOS	58
4.8.3.	DESEÑO DE LAS PANTALLAS DE LA APLICACIÓN	58
4.8.4.	FUNCIONAMIENTO DE LOS BOTONES.....	60
4.8.5.	GESTIÓN DE USUARIOS.....	62
5.	PRUEBAS Y RESULTADOS	63
5.1.	Diseño pruebas de verificación del sistema de visión	63
5.2.	Diseño de las pruebas de funcionalidad del sistema de control	66
5.3.	Diseño de las pruebas del programa del brazo robótico	68
5.4.	Resultado de las pruebas.....	69

6.	PLAN DE MANTENIMIENTO	70
6.1.	Equipos de la instalación.....	70
6.2.	Mantenimiento de los equipos.....	70
6.2.1.	Cinta transportadora 1	70
6.2.2.	Cinta transportadora 2	73
6.2.3.	Robot ABB IRB-120	76
6.2.4.	Sistema de visión artificial FQ2 de OMRON	76
6.2.5.	Compresor y unidad de mantenimiento.....	77
6.3.	Fichas de inspección y reparación	79
6.3.1.	Mantenimiento preventivo Cinta transportadora 1	79
6.3.2.	Mantenimiento preventivo cinta transportadora 2	80
6.3.3.	Mantenimiento preventivo Robot ABB IRB-120	81
6.3.4.	Mantenimiento preventivo Sistema de visión artificial FQ2	82
6.3.5.	Mantenimiento preventivo Compresor y unidad de mantenimiento.....	82
7.	NORMATIVA	83
7.1.	Normativa general	83
7.1.1.	Marcado CE: Compatibilidad electromagnética	83
7.1.2.	Material eléctrico	83
7.1.3.	Máquinas	84
7.1.4.	Energías renovables y eficiencia energética	84
7.1.5.	Prevención de riesgos laborales.....	84
7.1.6.	Instalaciones electrotécnicas de Baja Tensión. Reglamento REBT.....	84
7.2.	Normativa específica.....	85
7.2.1.	Normativa general	85
7.2.2.	Representación de planos y esquemas eléctricos	85
7.2.3.	Seguridad en máquinas	85
7.2.4.	Normativa específica de Seguridad en Sistemas Robotizados	85
7.3.	Metodología de desarrollo	85
7.4.	Codificación e identificación	86
7.5.	Implementación del programa PLC	86
7.6.	Programación HMI	87
8.	ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL.	88
9.	CONCLUSIONES	89
10.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS ECONÓMICA	90

BIBLIOGRAFIA	91
ANNEX A	93
A1. Pliegue de condiciones.....	93
A2. Manual de Usuario.....	94
A3. Configuración del sistema de visión artificial	97
ANNEX B	103
B1. Programa PLC	103
B2. Programa Robot	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Robot Antropomórfico de KUKA modelo KR700	20
Figura 2. Robot Delta de ABB modelo IRB360 Flexpicker	20
Figura 3. Grados de libertad del Robot IRB120	21
Figura 4. Área de trabajo sin restricción del robot	22
Figura 5. Controladora IRC5	23
Figura 6. Tarjeta DSQC688 de E/S distribuidas por Profinet	23
Figura 7. Ventosa	23
Figura 8. Descripción gráfica del efecto Venturi	24
Figura 9. Sistemas de coordenadas existentes en el robot	24
Figura 10. Ubicación del Sistema de coordenadas base	25
Figura 11. Sistema de coordenadas mundo, común para dos robots independientes	25
Figura 12. Ejemplo de diferentes TCP	26
Figura 13. Ejemplo de diferentes sistemas de coordenadas WorkObject	26
Figura 14. Ejemplo de posición de un punto en el espacio	27
Figura 15. Diferentes valores de un mismo punto según la referencia	27
Figura 16. Sistema de visión artificial FQ2 de Omron	29
Figura 17. Entradas y salidas del SVA	30
Figura 18. Ejemplo de supresión de fondo	31
Figura 19. Ejemplo de detección	31
Figura 20. Ejemplo de distancia entre bordes	32
Figura 21. Ejemplo Datos de color	32
Figura 22. S71214C	33
Figura 23. KPT700	34
Figura 24. Ejemplo de patrón	36
Figura 25. Piezas utilizadas en la aplicación	36
Figura 26. Metodología de desarrollo en espiral	40
Figura 27. Arquitectura del hardware del sistema	42
Figura 28. Planta del Sistema Robot-Cintas-Zona de paletizado	43
Figura 29. Vista global de las comunicaciones	44
Figura 30. Interfaces del Sistema de control	46
Figura 31. Grafcet (1)	49
Figura 32. Grafcet (2)	50
Figura 33. Grafcet (3)	51
Figura 34. Grafcet (4)	52
Figura 35. Grafcet (5)	53
Figura 36. Árbol de navegación	57

Figura 37. Imagen pantalla principal	58
Figura 38. Imagen de la pantalla de funcionamiento	59
Figura 39. Imagen intercambio de señales PLC – Robot	59
Figura 40. Imagen gestión de usuarios	59
Figura 41. Imagen paro pulsado	60
Figura 42. Botón de selección de columna	60
Figura 43. Columna para paletizar	61
Figura 44. Inicialización del programa	63
Figura 45. Secuencia de captura de imagen	63
Figura 46. Comparación de patrones	64
Figura 47. Señalización del tipo de pieza	65
Figura 48. Red de Comunicaciones para pruebas	66
Figura 49. Imagen de pantalla de pruebas	66
Figura 50. Programa de PLC para pruebas	67
Figura 51. Programa del brazo robótico para pruebas	69
Figura 52. Sensores de la cinta transportadora (1)	70
Figura 53. Sensores de la cinta transportadora (2)	71
Figura 54. Tensor de la cinta 1	71
Figura 55. Cuadro eléctrico cinta transportadora 1 (1).	72
Figura 56. Cuadro eléctrico cinta transportadora 1 (2)	72
Figura 57. Botonera cinta transportadora 1	72
Figura 58. Cuadro eléctrico cinta transportadora 1 (3)	73
Figura 59. Nivelado cinta transportadora 1	73
Figura 60. Sensores cinta transportadora 2	74
Figura 61. Tensores cinta transportadora 2	74
Figura 62. Cuadro eléctrico cinta transportadora 2 (1)	75
Figura 63. Cuadro eléctrico cinta transportadora 2 (2)	75
Figura 64. Botonera cinta transportadora 2	75
Figura 65. Cuadro eléctrico cinta transportadora 2 (3)	76
Figura 66. Cinta transportadora 2	76
Figura 67. Compresor	77
Figura 68. Unidad de mantenimiento	77
Figura 69. Purga unidad de mantenimiento	77
Figura 70. Purga del compresor	78
Figura 71. Pantalla principal	94
Figura 72. Introducción de usuario y contraseña	94
Figura 73. Configuración del Palé.	94

Figura 74. Llenado de columnas	95
Figura 75. Botones del equipo	95
Figura 76. Indicadores y última pieza	95
Figura 77. Indicadores de comunicación Profinet entre IRB120 y PLC	96
Figura 78. Modificación de usuarios	96
Figura 79. Conexiones de red	97
Figura 80. Conexión de Área Local	98
Figura 81. Propiedades conexión TCP/IPv4	98
Figura 82. Configuración de la dirección IP del sensor (1)	99
Figura 83. Configuración de la dirección IP del sensor (2)	99
Figura 84. Configuración de la dirección IP del sensor (3)	99
Figura 85. Configuración de la dirección IP del sensor (4)	100
Figura 86. Opción Data Output	100
Figura 87. Opción Fieldbus data output	100
Figura 88. Configuración red Profinet y nº bytes a compartir (1)	101
Figura 89. Configuración red Profinet y nº bytes a compartir (2)	101
Figura 90. Configurar los datos a enviar (1)	102
Figura 91. Configurar los datos a enviar (2)	102
Figura 92. Configuración de datos a enviar (1)	102
Figura 93. Configuración de los datos a enviar (2)	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla resumen con explicación de los ejemplos de posicionado del robot en el espacio	28
Tabla 2. Intercambio de datos PLC -> IRB120	47
Tabla 3. Intercambio de datos IRB120 -> PLC	47
Tabla 4. Intercambio de datos PLC - HMI	47
Tabla 5. Intercambio de datos PLC -> SVA	48
Tabla 6. Intercambio de datos SVA -> PLC	48
Tabla 7. Variables del PLC	56
Tabla 8. Intercambio de datos PLC - HMI	58
Tabla 9. Resultados de las pruebas	69
Tabla 10. Ficha mantenimiento preventivo Cinta 1	79
Tabla 11. Ficha mantenimiento cinta 2	80
Tabla 12. Ficha mantenimiento Robot IRB120	81
Tabla 13. Ficha mantenimiento Cámara FQ2	82
Tabla 14. Ficha mantenimiento compresor y unidad de mantenimiento	82
Tabla 15. Presupuesto diferentes partes	90
Tabla 16. Presupuesto final	90

1. Introducción

Este proyecto se ha llevado a cabo con la colaboración de *l'Escola Jesuïtes el Clot*, que han facilitado todos los equipos, herramientas e instalaciones necesarias.

1.2. Origen del trabajo

Este proyecto surge de la necesidad que tenía *l'Escola Jesuïtes el Clot*, dentro del ciclo formativo de grado superior de automatización y robótica industrial, de mejorar e implementar un nuevo sistema de visión artificial que mejorara el que había actualmente.

Partiendo de la necesidad de implementar un nuevo sistema de visión artificial, se decidió crear un **Sistema de Paletizado Robotizado** a pequeña escala, mediante la selección y configuración de una serie de elementos comunicados entre ellos por Profinet, que sacará rendimiento al nuevo sistema. Hasta ahora, el sistema de visión artificial únicamente podía informar si un patrón era correcto o no a través de una salida digital, ahora con el nuevo sistema, se podrán introducir diferentes patrones y determinar cuál es.

A parte de poder identificar diferentes patrones, este equipo tiene la particularidad de incorporar Profinet, lo que permite introducirlo en la red de comunicaciones con todos los equipos y controlar dicho sistema a través del bus.

1.3. Motivación

Constantemente la industria está buscando nuevas formas y maneras de mejorar la eficiencia de los procesos de producción. Esta eficiencia se puede contabilizar tanto en tiempo como en ahorro monetario.

Unos de los principales baluartes de esta nueva "revolución industrial" son los robots. Cada vez es más común encontrar empresas robotizadas, incluso al 100%. Según las previsiones de los expertos en este sector, la robótica es probablemente el sector de automatización que más crecerá en los próximos años, junto con el IIOT.

Es por ello, que he creído conveniente desarrollar el proyecto sobre un tema tan interesante y actual como es la robótica.

1.4. Objetivos del trabajo

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Estudio, diseño e implementación de un sistema de paletizado automático, que permita al usuario, a través de una HMI, seleccionar y modificar los diferentes formatos de palé.
- Configuración y programación de los diferentes equipos que componen el sistema.
- Estudio del protocolo Profinet y su implementación en el sistema.
- Diseño e implementación en 3D de un soporte para el sistema de visión artificial.
- Realización de un presupuesto del coste de realización del sistema.
- Realización del estudio de la normativa que debe aplicarse al sistema.

1.5. Requisitos previos

Como principales requisitos, ha sido necesario utilizar los conocimientos adquiridos en diferentes asignaturas impartidas en el grado como *automatización y robótica industrial*, *sistemas de la información y comunicación industrial o control industrial y automatización*, así como profundizar más en ellas y desarrollar las bases aprendidas.

A parte, también han sido necesarios conocimientos adquiridos antes del inicio del grado, así como en mi puesto laboral, como pueden ser programación de HMI, PLC, diseño mediante CAD, etc.

Además, hay una serie de programas, como pueden ser *RobotStudio* o *TIA Portal*, o el protocolo de comunicaciones Profinet, que han requerido un estudio autónomo para poder realizar el proyecto correctamente.

1.6. Alcance del trabajo

Este proyecto consiste en el análisis, desarrollo, implementación, puesta en marcha y documentación de un problema propuesto por el cliente, en este caso, la necesidad de realizar un sistema de paletizado con un sistema de visión artificial integrado.

2. Estado del arte

En este apartado se pretende resumir el estado actual del mercado en referencia a los sistemas de paletizado, así como las alternativas a los dispositivos y equipos empleados.

2.1. Robots paletizadores

En el mercado podemos encontrar multitud de empresas que venden y distribuyen equipos de paletizado automático. Dentro de estos equipos de paletizado, existen diversos tipos, los cuales se diferencian entre si ya sea por la estructura o por el robot utilizado. A continuación, se dispone a hacer una breve descripción de los diversos tipos.

2.1.1. Robot pórtico

Un robot pórtico o robot cartesiano ofrece movimientos lineales en 3 ejes (X, Y, Z), lo que facilita mucho la programación del sistema, ya que simplifica las ecuaciones de control. Además, tiene la ventaja que permite agrupar los palés de forma lineal.

Generalmente este tipo de robots tienen grandes estructuras lo que permite tener áreas de trabajo mayores a las de resto de robots, como podrían ser los antropomórficos.

El número de ciclos que puede realizar este robot vendrán definidos por los recorridos que tenga que realizar, así como por las dimensiones del producto y el mosaico que tenga que elaborar.

2.1.2. Robot antropomórfico

Los robots antropomórficos o robots articulado están pensados para trabajar en espacios más reducidos en comparación con los de tipo pórtico vistos anteriormente. La configuración de los distintos palés se desarrolla alrededor del robot, no de manera lineal como en el de tipo pórtico.

La estructura de los robots antropomórficos varía en función del peso que deban levantar. Cada fabricante ofrece una amplia gama de robots, por ejemplo, KUKA, unos de los mayores fabricantes de robots del mundo, ofrece robots antropomórficos que van des de los 40 kg a los 1.300 kg y pueden alcanzar una distancia de trabajo de 1.300 mm.

La cadencia de estos robots suele ser mayor que los de tipo pórtico, debido a que sus recorridos son menores y a que todos sus movimientos suelen ser interpolados buscando además la máxima optimización en cada uno de ellos.



Figura 1. Robot Antropomórfico de KUKA modelo KR700

2.1.3. Robot delta

Los robots delta o robots araña son robots que ofrecen una alta velocidad de manipulación de piezas, pero con el inconveniente de que pueden manipular cargas muy pequeñas, por ejemplo, en el caso de los robots delta de FANUC, las cargas están comprendidas entre 0,6 kg y 12 kg.

El funcionamiento de estos robots es similar al de los cartesianos, con la diferencia que el área de trabajo de los robots delta es mucho más reducida. A diferencia de los cartesianos, que suelen tener únicamente 3 ejes, existen en el mercado robots delta de hasta 6 grados de libertad.

El número de ciclos que pueden realizar estos robots es altísimo, de ahí que se utilicen principalmente en aplicaciones *pick and place* donde recogen materiales de unas cintas de entrada y realizan la colocación o paletizado de dichas piezas en una cinta de salida.



Figura 2. Robot Delta de ABB modelo IRB360 Flexpicker

2.1.4. Pinza del robot

Una de las partes más importantes a la hora de configurar la parte del sistema robotizado, es la pinza del robot. La elección o diseño de la pinza depende de múltiples factores, como puede ser el mosaico a formar, el número de cajas que se tengan que transportar a la vez, el tipo de caja (material, forma...), la fragilidad del producto, como esté distribuido el peso, etc.

Podemos clasificar las pinzas en los siguientes grupos:

- **Pinzas de palas:** formadas por la combinación de palas móviles y fijas.
- **Ventosas de vacío:** cada ventosa incorpora un sensor de apertura y cierre que permite realizar el vacío únicamente a las ventosas que se encuentran sobre las cajas. Uno de los principales inconvenientes de este tipo de pinzas, es que es necesario la incorporación de un sistema neumático y por tanto, un compresor.
- **Pinza de garras:** se suelen utilizar para la toma de palés.
- **Pinzas mixtas:** basadas en las anteriores en función de la aplicación.

A parte de la clasificación de pinzas vistas anteriormente, es común encontrar pinzas confeccionadas y diseñadas por el ingeniero que hace la aplicación. Suelen ser pinzas muy específicas para un cierto proceso en concreto.

2.1.5. Solución adoptada: Robot IRB120 de ABB

Para la realización del proyecto se ha seleccionado un robot de ABB modelo IRB120. Es el elemento del sistema que realiza los movimientos. Es un manipulador compacto de 6 articulaciones que puede manipular cargas de hasta 3 kg y tiene un área de trabajo de 560 mm de radio.

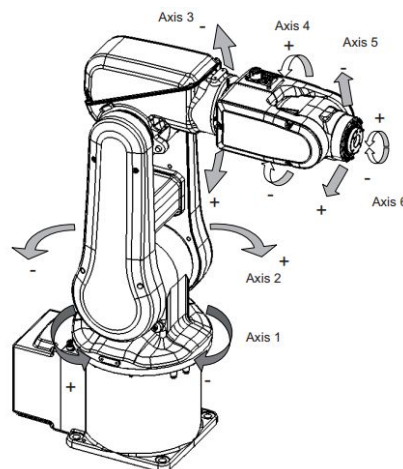
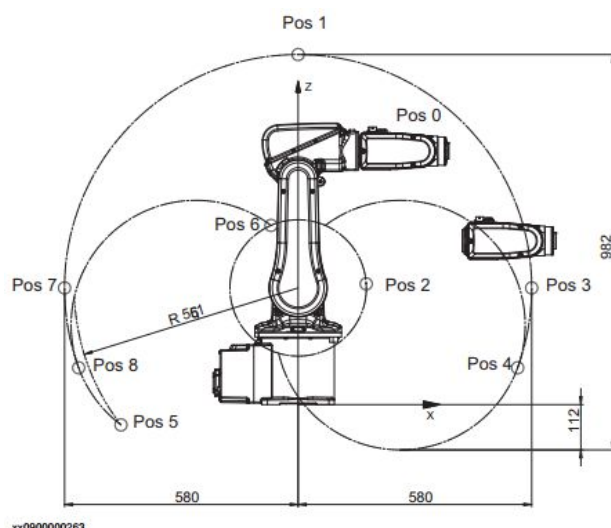


Figura 3. Grados de libertad del Robot IRB120



Posición	Posición en el centro de la muñeca (mm)		Ángulo (grados)	
	X	Z	Eje 2	Eje 3
A	302 mm	630 mm	0°	0°
B	0 mm	870 mm	0°	-77°
C	169 mm	300 mm	0°	+70°
D	580 mm	270 mm	+90°	-77°
E	545 mm	91 mm	+110°	-77°
F	-440 mm	-50 mm	-110°	-110°
G	-67 mm	445 mm	-110°	+70°
H	-580 mm	270 mm	-90°	-77°
J	-545 mm	91 mm	-110°	-77°

Figura 4. Área de trabajo sin restricción del robot

Para que el brazo robótico pueda funcionar, es necesario de un computador que calcule las trayectorias y unos módulos de potencia que alimenten y regulen las posiciones de los motores. El encargado de hacer estas funciones es el controlador del robot.

El controlador del robot hace de interface con el usuario y el entorno de trabajo, ya que contiene el software de sistema operativo que incluye las funciones básicas de uso y de programación. También es la parte del robot que incorpora los elementos de control y potencia que permiten posicionar y controlar los movimientos del robot.

El controlador utilizado es un IRC5. Es la nueva generación de controladores que ofrece ABB. Puede gestionar hasta 36 ejes, repartidos entre 4 robots y 3 ejes externos por robot. Esto es posible debido a que cuenta con una controladora modular, en la cual se pueden añadir tantos módulos de potencia como robots a controlar. En este caso, únicamente se puede controlar un manipulador.



Figura 5. Controladora IRC5

La controladora, incorpora una tarjeta de entradas y salidas por Profinet de referencia DSQC688 que es la que permite la comunicación entre autómatas y robot y una tarjeta de entradas y salidas físicas para interactuar con las cintas transportadoras.



Figura 6. Tarjeta DSQC688 de E/S distribuidas por Profinet

Para la aplicación se ha seleccionado como elemento terminal unas ventosas controladas por un generador de vacío, que permiten manipular las piezas por succión. Algunas características de la ventosa utilizada son las siguientes:

- Es de NBR (caucho de nitrilo)
- Es resistente a aceites y disolventes.
- Resistente a la flexión.
- Buena adhesión al metal.
- Amplio rango de temperatura de trabajo (-40 a 108°C).



Figura 7. Ventosa

El funcionamiento del equipo de vacío se basa en la aplicación del efecto Venturi, que en resumen se trata de generar el vacío haciendo pasar un fluido con un caudal constante por un conducto que tenga una zona donde la sección es más pequeña, lo que genera un aumento de la velocidad del fluido y la disminución de la presión en ese punto, lo que genera el vacío.

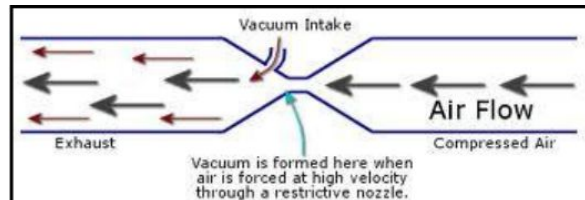


Figura 8. Descripción gráfica del efecto Venturi

2.1.6. El Espacio del robot

Para entender como el robot se posiciona en el espacio hay que tener presentes los sistemas de coordenadas de los que dispone el robot, ya que, el posicionamiento en el espacio se basa en uno de estos sistemas de coordenadas respecto al otro.

2.1.6.1. Sistemas de coordenadas de los robots.

El sistema operativo de los robots se basa en un concepto de múltiples sistemas de coordenadas, hecho que facilita las operaciones de posicionado. Por defecto, el robot incorpora 4 sistemas de coordenadas predefinidas, algunos se pueden modificar, pero también permite crear nuevos.



Figura 9. Sistemas de coordenadas existentes en el robot

2.1.6.1.1 Sistema de coordenadas base

Este sistema de coordenadas está ubicado en la base del robot y se utiliza para que los usuarios puedan mover el robot linealmente de manera sencilla.

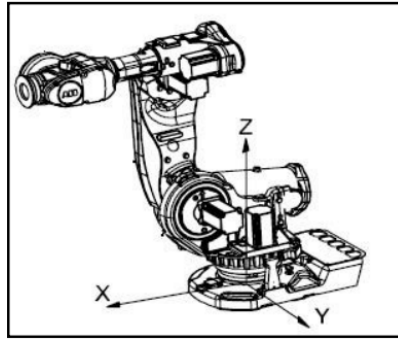


Figura 10. Ubicación del Sistema de coordenadas base

2.1.6.1.2 Sistema de coordenadas mundo

Por defecto se encuentra en la base del robot y es reconfigurable según las necesidades de la tarea. Por ejemplo, si se dispone de un espacio en el cual opera más de un robot (por ejemplo, uno montado en el suelo y el otro en el techo), será difícil prever y controlar dos tipos de movimientos, así que se puede definir el centro de coordenadas mundo como una referencia común a los dos robots, de manera que sus ejes de movimiento y las posiciones serán idénticas.

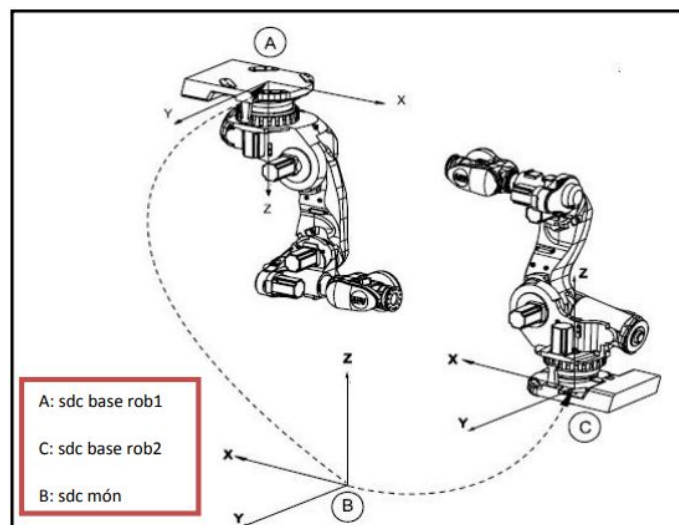


Figura 11. Sistema de coordenadas mundo, común para dos robots independientes

2.1.6.1.3 Sistema de coordenadas en la herramienta (*tool*)

Es el sistema de coordenadas llamado Tool Center Point (TCP). Es el que utiliza el robot para ejecutar trayectorias y posicionarse en el espacio. Los robots cuentan con una TCP por defecto, llamada Tool0 situada en la brida del robot. A diferencia de los sistemas de coordenada mundo y base, este no es estático, si no que varía según la posición del robot en todo momento. A nivel de programación, ofrece un gran abanico de posibilidades, ya que se pueden definir tantos como sean necesarios. Por

ejemplo, se puede definir un TCP justo en la parte donde la herramienta entra en contacto con la pieza que manipula, para tener constancia del punto exacto donde se produce el manipulado.



Figura 12. Ejemplo de diferentes TCP

2.1.6.1.4 Sistema de coordenadas Objeto de trabajo (*WorkObject*)

Igual que el sistema de coordenadas herramienta, el robot incorpora uno llamado Wobj0, que coincide con el sistema de coordenadas base, y se puede reconfigurar. Es de gran utilidad ya que normalmente se utiliza para referencia la ubicación de los objetos que se manipulan en una aplicación, y así, referencia la posición del robot sobre todos los objetos presentes en el entorno de trabajo. Internamente, está compuesto por dos ejes: “user frame” que hace referencia al lugar donde se deposita el objeto a manipular, y el “object frame” que hace referencia al objeto en sí.

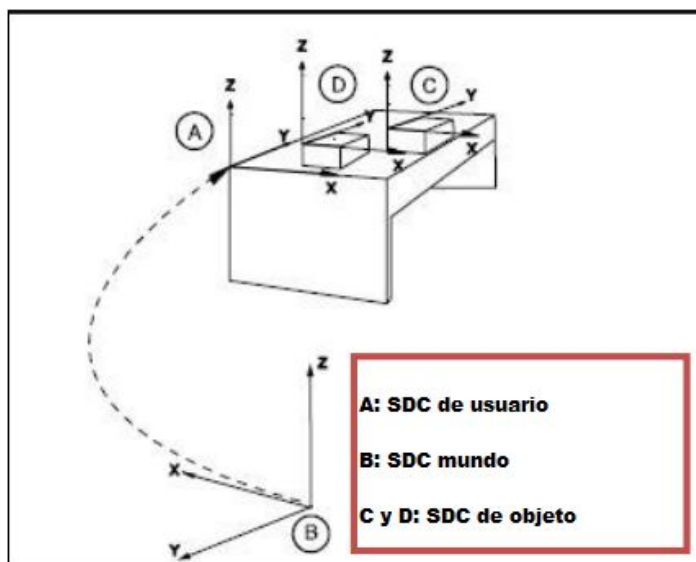


Figura 13. Ejemplo de diferentes sistemas de coordenadas WorkObject

2.1.6.2. Posicionado del robot en el espacio

Una vez definidos los sistemas de coordenadas con los que el robot puede trabajar, se puede explicar como este se posiciona en el espacio. Generalmente, la posición del robot, viene definida por la

posición en la que se encuentra el TCP respecto el sistema de coordenadas mundo, aunque se tiene que destacar que, en la programación de una posición en el espacio, ésta es definida por la posición del TCP respecto un sistema de coordenadas Workobject.

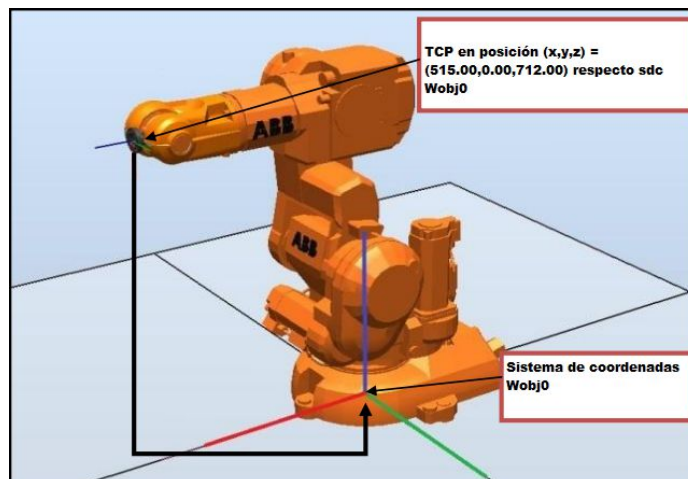


Figura 14. Ejemplo de posición de un punto en el espacio

El hecho de que a nivel de programación una posición este definida por la posición del TCP respecto un centro de coordenadas WorkObject, permite que el usuario pueda elegir en todo momento respecto que sistema de coordenadas se encuentra referenciado un punto sobre el que se realizará un movimiento, utilizando así diversas referencias dentro de una misma aplicación. En la siguiente imagen se ilustra la variedad de referencias respecto un punto en el espacio que ofrecen los sistemas comentados anteriormente.

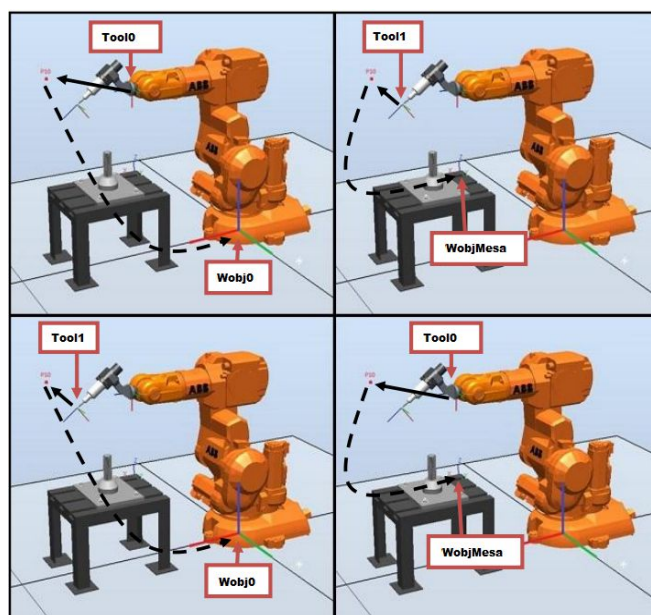


Figura 15. Diferentes valores de un mismo punto según la referencia

Ejemplos	Descripción
Caso 1: Tool0 respecto Wobj0	Tool0 se moverá al punto P10 con el valor referenciado respecto Wobj0.
Caso 2: Tool1 respecto WobjMesa	Tool1 se moverá al punto P10 con el valor referenciado respecto WobjMesa.
Caso 3: Tool1 respecto Wobj0	Tool1 se moverá al punto P10 con el valor referenciado respecto Wobj0.
Caso 4: Tool0 respecto WobjMesa	Tool0 se moverá al punto P10 con el valor referenciado respecto WobjMesa.

Tabla 1. Tabla resumen con explicación de los ejemplos de posicionado del robot en el espacio

En conclusión, en estos ejemplos, se puede observar como el robot se moverá a un mismo punto, pero este será diferente en función de las referencias seleccionadas.

2.1.6.3. Programación de un punto en el espacio

En el punto anterior se ha visto descriptivamente como se posiciona un robot en el espacio. A continuación, se examina la programación de un punto en el espacio y como el robot la entiende. Los puntos en el espacio son variables de posición, y el entorno de programación en que trabajan los robots (RAPID), un punto en el espacio se almacena en la variable ROBTARGET.

En esta aplicación, existirá una variable ROBTARGET por cada uno de los puntos de paletizado. Las variables de posición están formadas por los siguientes parámetros:

Robtarget:= [[translación], [rotación], [configuración robot], [ejes externos]

Robtarget:= [[x , y ,z] , [q1, q2, q3, q4], [cf1, cf4, cf6, cfx], [eax_a, eax_b, eax_c , eax_d , eax_e , eax_f]]

- **Translación:** Son datos de posición (en mm). Determinan la posición del TCP en el espacio respecto al sistema de coordenadas de referencia que utilice el robot, por defecto "Wobj". En la aplicación, estas variables contendrán la posición de cada pieza del palet.
- **Rotación:** Son datos de orientación. Describen la orientación que ha de tener la herramienta respecto al sistema de coordenadas objeto que se especifique. Se expresa en cuaterniones (q1,q2,q3 y q4) y la suma de los cuadrados tiene que ser igual a 1. Los cuaterniones son la manera de expresar la matriz de rotación entre el sistema de coordenadas de referencia y el sistema de coordenadas de la herramienta.
- **Configuración del robot:** este parámetro define en que cuadrante trabajan los ejes 1 (base), 4 (brazo interior), 6 (muñeca) y cfx (determina una de las 8 configuraciones posibles del robot). Es un parámetro delicado, ya que según la configuración que tengan, es posible que en la trayectoria entre dos puntos, el movimiento sea imposible de realizar dando el robot un error.

- **Ejes externos:** Este parámetro define la posición de los ejes externos. La posición se define por cada uno de los ejes respecto la posición de calibración.

Por tanto, para las posiciones conocidas (secuencia del robot y posición de las piezas en el palet), existirán unos puntos definidos previamente, que se han obtenido manualmente.

2.2. Sistemas de visión artificial

En el mercado se pueden encontrar diversos tipos de sistemas de visión artificial y a medida que esta tecnología se ha ido introduciendo en el mercado ha ido evolucionando y mejorando.

Desde los primeros sistemas de visión que solo podían reconocer patrones y los cuales cámara y procesador iban separados, a los nuevos sistemas todo en uno, como el que se ha utilizado en este proyecto.

Pueden utilizarse para multitud de aplicaciones, desde, como es el caso de este proyecto, identificar piezas, verificar que unas etiquetas estén correctamente puestas o incluso verificar el nivel de líquido de una botella.

A nivel industrial, las marcas de referencia de sistemas de visión son OMRON, COGNEX, KEYENCE, PANASONIC o BITMAKER entre otras.

2.2.1. Solución adoptada: Sistema de visión artificial FQ2 de Omron

Dentro de las diferentes posibilidades que ofrecía el mercado se ha optado por el sistema de visión artificial de Omron FQ2 que incorpora la cámara y el controlador en un mismo cuerpo.



Figura 16. Sistema de visión artificial FQ2 de Omron

El SVA FQ2 mezcla señales digitales de entrada y salida, que por ejemplo, permiten notificar varios estados a través de la salida o enviarle una orden de captura a través de las entradas, con diversos

buses de comunicación para interconectar el SVA con el exterior. Los buses que incorpora son los siguientes:

- NO-PROTOCOL: Protocolo basado en comandos en código ASCII.
- PLC-LINK: Protocolo propio de OMRON basado en comandos internos, donde el SVA comparte áreas de memoria con el PLC.
- ETHERNET/IP: Bus de campo industrial genérico y determinista, donde existe un maestro (PLC) que controla los esclavos y con quien comparte variables.
- PROFINET: Bus de campo industrial genérico y determinista, donde existe un maestro (PLC) que controla los esclavos y con quien comparte variables.

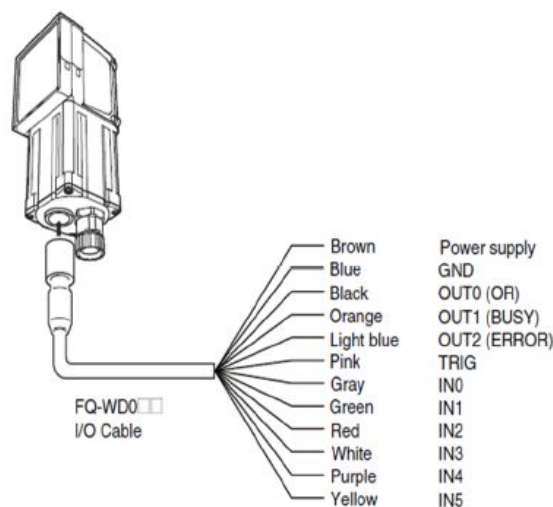


Figura 17. Entradas y salidas del SVA

Una vez que se ha hecho una captura de imagen, se le pueden aplicar varios filtros para mejorarla o captar alguna particularidad concreta. Algunos de esos filtros son los siguientes:

- Filtro color-gris.
- Suavizado débil.
- Suavizado fuerte.
- Dilatar.
- Erosión.
- Medio.
- Supresión de fondo.
- Etc.

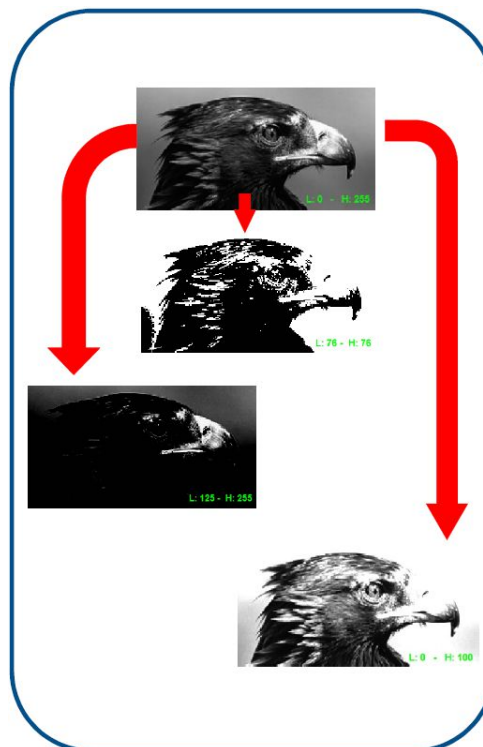


Figura 18. Ejemplo de supresión de fondo

Por otro lado, una vez que la imagen ha sido tratada, toca el momento de analizarla. Para analizarla hay varias opciones, de las cuales, en este proyecto, se ha utilizado la de búsqueda de patrón. Los métodos de reconocimiento que permite el sistema de visión artificial son los siguientes:

- Búsqueda
 - *Shape Search II*: Detecta cualquier forma que coincida con el modelo de una manera estable y a gran velocidad. Incluso produciéndose solapamientos.
 - *Sensitive Search*: Mediante la división automática y el reconocimiento de la imagen del modelo, las diferencias que no se aprecian en modo normal se pueden apreciar.
 - *Detección*: Elemento de detección estándar que utiliza el método de búsqueda por patrón para detectar etiquetas, formas o posiciones.



Figura 19. Ejemplo de detección

- Mediciones de bordes
 - *Distancia entre bordes*: Es posible contar el número de bordes en un determinado espacio.
 - *Posición de bordes*: Este elemento de inspección detecta los bordes y mide sus posiciones.
 - *Anchura de los bordes*: Este elemento de inspección mide la anchura entre los bordes.

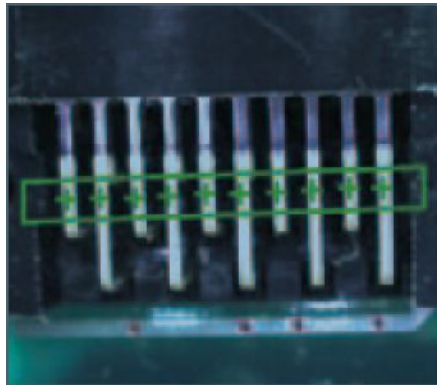


Figura 20. Ejemplo de distancia entre bordes

- Medición de superficies, colores, partículas extrañas y defectos
 - *Etiquetado*: Este elemento de inspección cuenta el número de etiquetas que hay de un color y tamaño determinados, mide la superficie y señala el punto central de la etiqueta.
 - *Superficie*: Este elemento de inspección mide la superficie y señala el punto central del color especificado.
 - *Datos de color*: Es posible realizar inspecciones que comparen la diferencia de color existente entre un objeto y una imagen registrada del producto correcto para detectar componentes y partículas extrañas. También se pueden realizar inspecciones de defectos y partículas extrañas analizando la desviación de color.

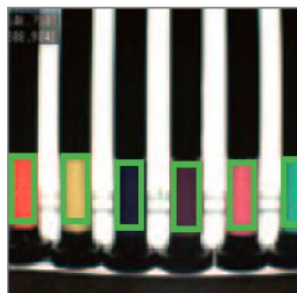


Figura 21. Ejemplo Datos de color

2.3. Sistemas de control

En cuanto a sistemas de control, si nos referimos a PLCs, el mercado está plagado de marcas, cada una con su propia filosofía y características.

Actualmente las dos marcas más potentes en el mercado, sobre todo en la industria automovilística son SIEMENS y ALLEN-BRADLEY (ROCKWELL).

La mayoría de softwares siguen la normativa IEC 61131, aunque cada fabricante la adapta a sus necesidades.

Las mismas marcas que fabrican y desarrollan los autómatas también desarrollan HMI debido a que son marcas muy globales que ofrecen un portfolio de productos muy completo para la automatización completa de máquinas. Aunque en fabricantes de HMI nos podemos encontrar fabricantes exclusivos de pantallas como podría ser PROFACE (actualmente comprado por SCHNEIDER) una solución muy completa y de las mejores del mercado o WEINTEK, marca asiática con muy buena relación calidad/precio.

2.3.1. Solución adoptada: PLC S7-1214C + KPT700 de SIEMENS

Debido a que la aplicación debía hacerse por comunicaciones, una vez seleccionado tanto el robot como el SVA la opción más viable de comunicaciones era utilizar un sistema de SIEMENS, debido a las comunicaciones que incorpora.



Figura 22. S71214C

El robot tiene dos protocolos de comunicaciones válidos: DeviceNet y Profinet, mientras que el SVA podía trabajar tanto con Ethernet/IP como con Profinet, por tanto, el protocolo común a ambos era el Profinet, y tal y como se explica en el apartado “2.4. Redes de comunicaciones” el protocolo de Profinet es patente una de SIEMENS.



Figura 23. KPT700

2.4. Redes de comunicaciones

Las comunicaciones siempre han sido algo muy presente en el mundo de la automatización, desde los inicios se han utilizado, ya sea para el intercambio de información entre equipos, como para la lectura de una temperatura en una sonda remota.

A medida que han avanzado los años, las comunicaciones han ido mejorando, permitiendo un envío mayor de datos a una velocidad superior.

Este trabajo no trata específicamente sobre comunicaciones industriales, por tanto, se hablará únicamente de los 2 o 3 tipos de comunicaciones que actualmente están marcando tendencia el mundo industrial.

2.4.1. Profinet

PROFINET es una norma técnica de la industria para la comunicación de datos a través del Ethernet industrial. Está diseñada para recopilar datos y controlar equipos en sistemas industriales, con una velocidad de transferencia de pedidos por debajo de 1 ms.

Es de las más utilizadas debido a que el desarrollador de este protocolo ha sido SIEMENS, marca ampliamente utilizada en la industria y número 1 mundial.

2.4.2. Ethernet/IP

ETHERNET/IP es un protocolo de red industrial que adapta el protocolo industrial a Ethernet estándar. Creado por Allen Bradley, es ampliamente utilizado en Estados Unidos.

ETHERNET/IP utiliza los estándares de Ethernet más implementados, la suite de protocolo internet y el proyecto IEE 802, usado para definir las características y funciones del transporte, red, enlace de datos y capas físicas.

2.4.3. EtherCAT

ETHERCAT (**ETHER**net para la **T**ecnología de **A**utomatización y **C**ontrol), es un sistema de Ethernet inventado por Beckhoff.

El protocolo está estandarizado en IEC 61158 y es ampliamente utilizado para aplicaciones en las que se necesite tiempo real.

ETHERCAT se creó para utilizar Ethernet en aplicaciones de automatización en las que se necesitaran tiempos de respuesta inferiores a 100 us.

ETHERCAT es una de las tecnologías que actualmente empieza a imponerse debido a su manera de tratar los paquetes o tramas, que es diferente al resto. El paquete estándar ya no se recibe, interpreta y copia como datos de proceso en los diferentes nodos, en este caso, los esclavos leen los datos que se envían mientras pasan a través de ellos, lo que permite reducir tiempos.

3. Análisis del problema

A continuación, se realiza una explicación general del proceso a automatizar, los sistemas de control y equipos que intervienen, así como los requisitos y la planificación para llevarlos a cabo.

3.1. Descripción del proceso a automatizar

El proceso a automatizar es una planta de paletizado, con la dificultad de que las piezas que se deben procesar no son idénticas y que en función del tipo de pieza o patrón se deben depositar en una determinada columna o en otra.

Las posiciones de paletizado son fijas, pero el usuario a través del terminal táctil, tiene que ser capaz de poder seleccionar el tipo de pieza que tiene que haber en cada columna. Por ejemplo, supongamos que solo hay dos tipos de piezas, pieza blanca o pieza negra, teniendo en cuenta que el palé tiene 16 posiciones, 4 por 4, el usuario podría definir dos diseños como los que hay a continuación:

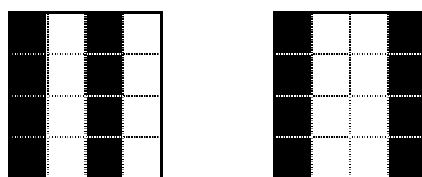


Figura 24. Ejemplo de patrón

Estas piezas avanzarán a través de la "cinta 1", una vez la pieza llegue a la posición de recogida, el sistema robótico debe recogerla e ir a la posición de *inspección*, posición en la que se encuentra la cámara. Una vez la pieza esté delante de la cámara, se realizará una captura y tratamiento de ella, con el resultado obtenido, el autómata analizará que tipo de pieza es y donde debe dejarla el robot.



Figura 25. Piezas utilizadas en la aplicación

En el caso de que no se haya reconocido correctamente la pieza, el robot debe dejarla en la "cinta 2", que es la cinta de rechazo de pieza. Una vez finalizado el proceso, el robot debe volver a su posición inicial a la espera de que llegue una nueva pieza para tratar.

3.2. Sistema de control

3.2.1. Equipos

Los equipos que intervienen en el proceso son los siguientes:

- Autómata SIEMENS S7-1214.
- HMI SIEMENS KPT700.
- Sistema de visión artificial OMRON FQ2-S.
- Robot antropomórfico ABB IRB120.
- Cinta transportadora de producto.
- Cinta transportadora de rechazo.

3.2.2. Requisitos funcionales

Los requisitos del sistema son los siguientes:

RQ1. CONFIGURACIÓN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

RQ1.1. Configuración de varios patrones.

RQ1.2. Control mediante PROFINET.

RQ1.3. Diseño de pedestal para la cámara.

RQ2. PROGRAMACIÓN HMI

RQ2.1. Interfaz de usuario sencilla y clara.

RQ2.2. Gestión de usuarios.

RQ2.3. Personalización y edición de palés.

RQ2.4. Pantalla de supervisión.

RQ3. PROGRAMACIÓN DEL PLC



RQ3.1. Programa principal de recogida de piezas.

RQ3.2. Gestión de las alarmas y emergencias.

RQ3.3. Gestión de usuarios.

RQ4. PROGRAMACIÓN DEL ROBOT

RQ4.1. Programa principal de gestión de piezas.

RQ5. INTEGRACIÓN DE TODOS LOS DISPOSITIVOS EN LA RED PROFINET

RQ5.1. Integración del PLC en la red Profinet.

RQ5.2. Integración del HMI en la red Profinet.

RQ5.3. Integración de la tarjeta DSQC688 en la red Profinet.

RQ5.4. Integración del sistema de visión FQ2 en la red Profinet.

3.2.3. Fases del proceso

El proceso a automatizar consta de 4 partes diferenciadas:

- Recogida de la pieza

La cinta transportadora de producto indicará al brazo robótico si una pieza ha llegado o no. En el caso de que haya una pieza, el brazo robótico deberá desplazarse hasta la posición de recogida a buscar la pieza.

- Inspección visual

Una vez se ha recogido la pieza, el brazo robótico debe posicionarla delante del sistema de visión artificial, una vez posicionado, mediante una señal de tipo bool mandada por Profinet, comunicará al PLC que está delante de la cámara y que es posible hacer la fotografía.

- Análisis de la imagen

Una vez tomada la fotografía, el autómatas analiza los datos devueltos por el sistema de visión artificial y decide si la pieza es buena o no y en el caso de que sea buena, en que posición debe

posicionarse. El análisis de la imagen se realiza a través de la comparación. Previamente se han introducido en el controlador del sistema de visión los patrones a detectar.

- Posicionamiento

Una vez determinada la posición, se le envía mediante Profinet al brazo robótico a que posición tiene que depositar la pieza. Una vez el robot ha posicionado correctamente la pieza, se espera a que por la cinta llegue una nueva pieza y empiece el ciclo.

3.3. Metodología de desarrollo

Para el desarrollo de la estación de paletizado se ha decidido utilizar una metodología de desarrollo en espiral, ya que es un modelo muy utilizado en el desarrollo de software y en el caso de este proyecto el 90% del trabajo es el desarrollo de software para los diferentes equipos que lo componen.

Este tipo de metodología nos ayuda a avanzar en etapas, en la primera vuelta de la espiral se definen una serie de objetivos a asumir y las alternativas o formas de poder conseguirlo.

En lo que atañe a este proyecto, se han dividido las espirales o vueltas en diferentes bloques. El primer objetivo marcado era el correcto funcionamiento y configuración del sistema de visión artificial, ya que era el eje sobre el que debía girar el proyecto.

Una vez comprobado que el sistema de visión funcionaba exactamente como necesitaba el cliente, se ha avanzado al siguiente objetivo, la programación del brazo robótico de ABB, primero a través del software RS y su simulador y después probando en planta.

Por último, PLC y HMI se han tratado como un conjunto, realizando las primeras pruebas con Simulink y posteriormente probándolo en planta.

Como se puede observar, los procesos seguidos en cada ciclo son los siguientes:

- Determinar Objetivos.
- Análisis del riesgo.
- Desarrollar y probar.
- Planificación.



Figura 26. Metodología de desarrollo en espiral

A la hora de terminar los objetivos, se determinan los equipos necesarios, así como las especificaciones dadas por el cliente. También es importante en esta fase, fijar las restricciones y definir los riesgos para estudiar estrategias que los eviten.

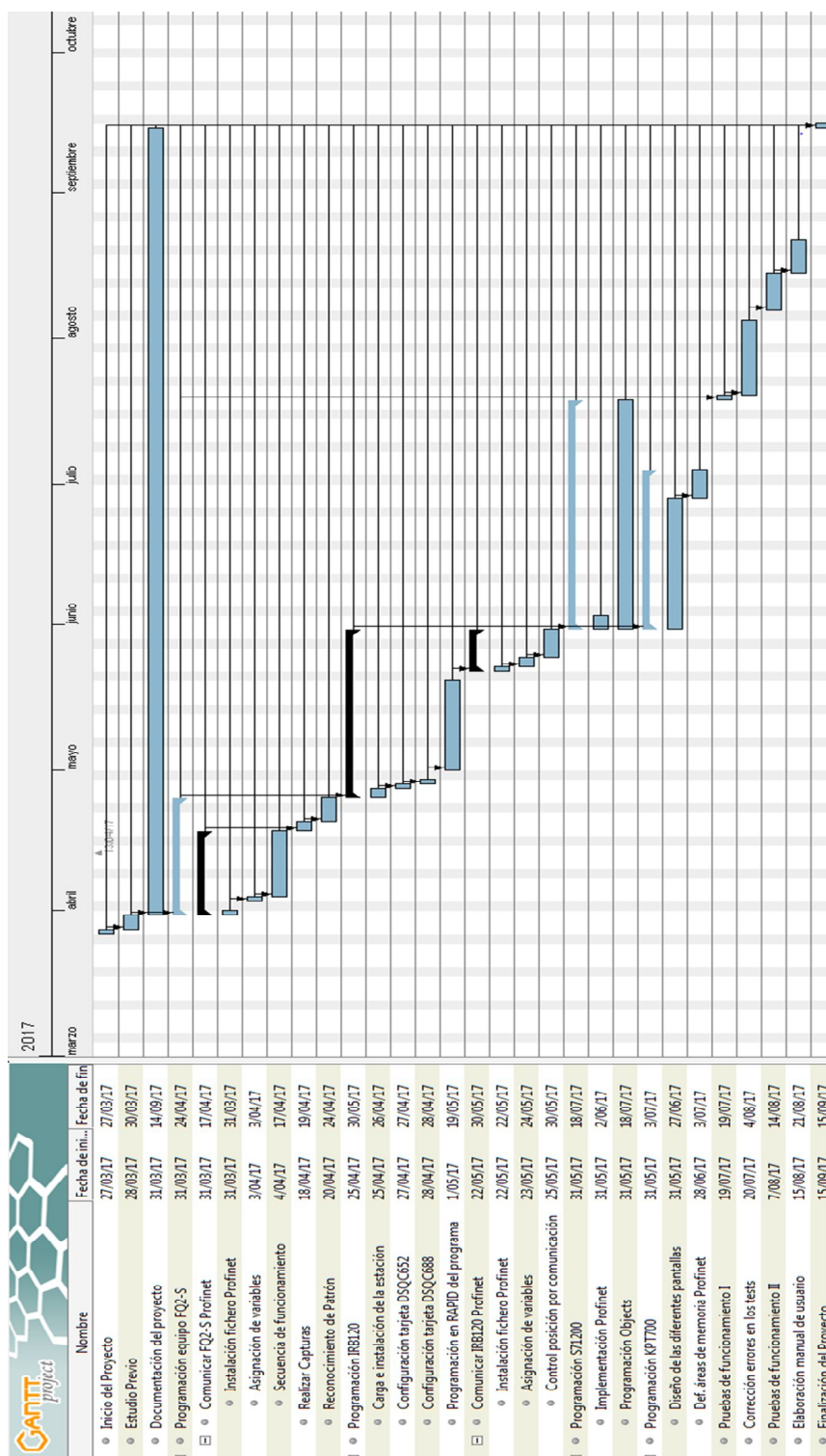
En el análisis del riesgo, se estudian las causas de los posibles problemas que puedan surgir y los daños, consecuencias o retrasos que estos pueden provocar. Para evitar los máximos riesgos se recomienda el simulado y prueba de los diferentes programas y partes del proyecto antes de instalarlos en planta.

A la hora del desarrollo y pruebas, se han tenido en cuenta el análisis de riesgo, para seleccionar el mejor modelo de desarrollo y los test que mejor nos indicaran el correcto funcionamiento de la aplicación.

Para este proyecto, se ha seguido un modelo de desarrollo en espiral clásico, aunque también existen otros tipos como pueden ser el espiral de seis regiones o el espiral WIN-WIN.

3.4. Planificación de las tareas: Diagrama de Gantt

Para el desarrollo de este proyecto, se ha realizado previamente un diagrama de Gantt para tratar de gestionar y administrar el tiempo de desarrollo correctamente.



4. Diseño e implementación de la solución

En este capítulo se detalla los elementos, comunicaciones y datos utilizados para el desarrollo del proyecto.

4.1. Arquitectura del sistema de control

En el apartado de arquitectura, se detallan todos los elementos hardware, así como los softwares empleados en el desarrollo del proyecto.

4.1.1. Hardware del sistema

El sistema está compuesto por los siguientes elementos:

- Robot Antropomórfico ABB modelo IRB120.
- Carta Profinet de ABB modelo DSQC688
- Autómata SIEMENS modelo S7-1214.
- HMI SIEMENS modelo KPT700
- Sistema de visión artificial OMRON modelo FQ2-S
- 2 cintas transportadoras, controladas por 2 autómatas de OMRON modelo CP1M y variadores de frecuencia OMRON.

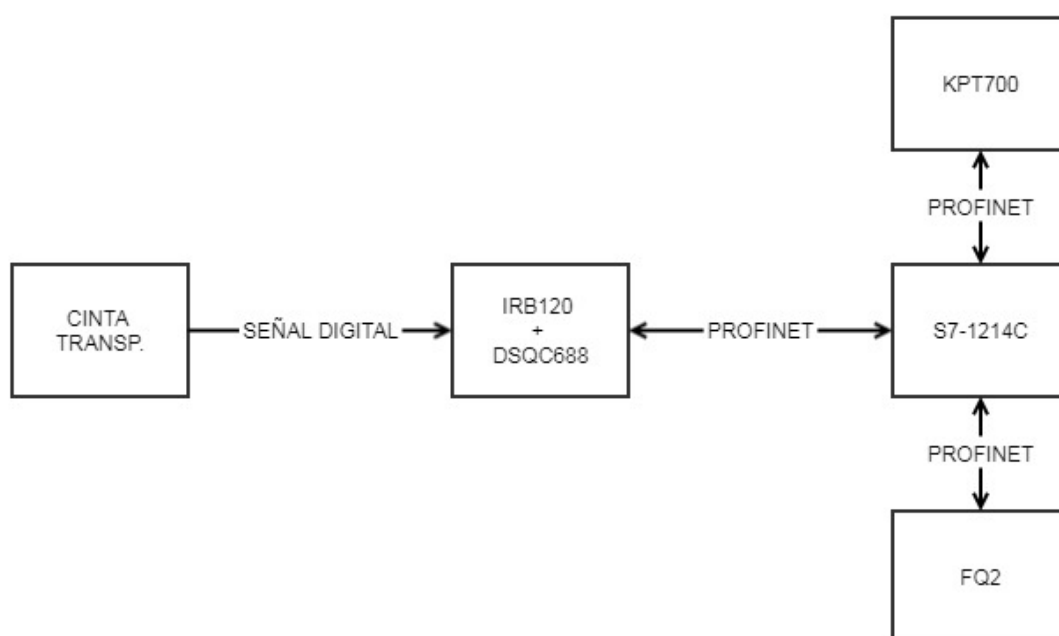


Figura 27. Arquitectura del hardware del sistema

En el software RobotStudio (ABB) se ha creado un 3D de la planta del proceso, donde se puede apreciar los diferentes elementos del sistema:

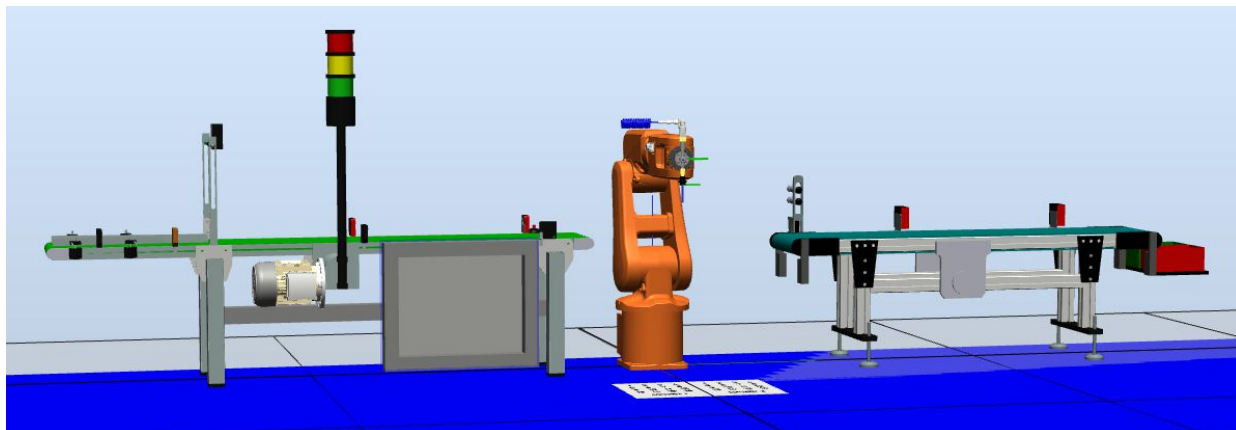


Figura 28. Planta del Sistema Robot-Cintas-Zona de paletizado

4.1.2. Software del sistema

Los programas utilizados para el desarrollo de la célula robotizada han sido los siguientes:

4.1.2.1. TIA PORTAL (Siemens)

TIA Portal es una SUITE creada por SIEMENS que permite la programación del PLC y HMI de SIEMENS. Esta suite incorpora los programas de SIEMENS STEP7, WinCC y StartDrive. Como todos los programas de este fabricante, el software cumple la normativa IEC-61131. La versión utilizada en este proyecto ha sido la v13.

4.1.2.2. ROBOTSTUDIO (ABB)

RobotStudio es el programa creado por ABB para la programación, configuración y simulación de sus robots. Para poder trabajar con este software también es necesaria la instalación de **RobotWare**, también propiedad de ABB. La versión utilizada en este proyecto ha sido la v6.03.02.

4.1.2.3. TOUCHFINDER (OMRON)

TouchFinder es el programa propiedad de OMRON necesario para la configuración del sistema de visión artificial FQ2-S. **TouchFinder** permite trabajar tanto en online, con la cámara conectada, o

trabajar en modo simulación. Además, permite visualizar mientras la cámara está trabajando, las imágenes que va capturando. La versión utilizada en este proyecto ha sido la v2.10.

4.1.3. Vista global de las comunicaciones

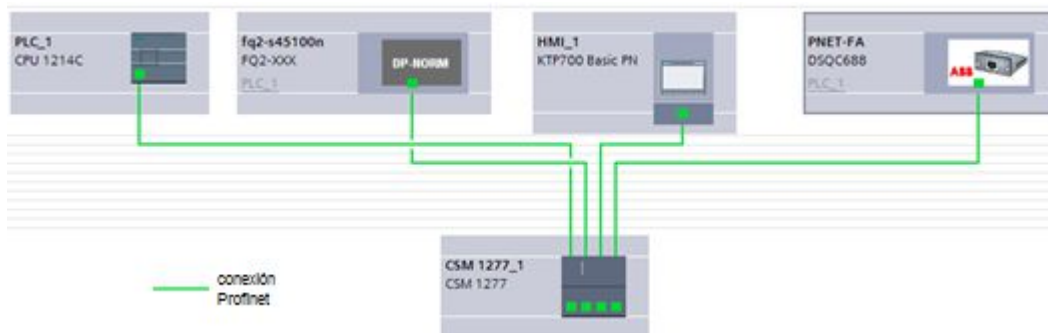


Figura 29. Vista global de las comunicaciones

4.2. Descomposición del problema de control

El control lo podemos descomponer en 3 partes:

- Control de las cintas transportadoras.

En este caso, las cintas transportadoras son independientes al proceso y vienen programadas por el cliente, debido a que eran un elemento ya existente y no interviene en el proceso.

Según sus indicaciones, las cintas estarán programadas de tal manera que, al llegar una pieza, la cinta avanzará y parará cuando esté en la posición para que el robot pueda recogerla. Una vez en esa posición, se activará una salida digital hacia el robot, lo que iniciará la recogida de la pieza y el inicio del paletizado.

- Control del Robot.

Es una de las partes críticas del proyecto ya que mal programado, puede provocar colisiones con el resto de elementos del sistema dañando la estación. El robot debe posicionar correctamente en 20 posiciones, aunque a la práctica hay posiciones intermedias de acercamiento. Esas posiciones son:

1. Reposo.
2. Recogida de pieza.
3. Pieza defectuosa.
4. Captura de imagen.
5. 16 posiciones del palé.

Debido a que la comunicación entre PLC y robot se hace a través de la tarjeta Profinet DSQC688, que es una tarjeta de entradas y salidas, se planteaba el problema de como indicarle al Robot la posición a la que tenía que llevar la pieza de la manera más optimizada posible. Para solventar dicho problema, se ha realizado una combinación de 4 bits que permiten seleccionar entre las 16 posiciones del palé.

- Control del PLC y la HMI.

La parte más importante del sistema, debido a que el PLC es el encargado de gestionar los diferentes equipos.

Por un lado, la pantalla es la responsable de indicar al PLC como deben ir posicionadas todas las piezas, a parte de otras funciones más básicas como indicar la marcha y los diferentes tipos de paro del sistema.

El PLC, es el encargado de gestionar tanto el SVA como el Robot. El PLC le dirá al SVA cuando debe realizar la captura de imagen y posteriormente analizar el resultado proporcionado por el SVA para poder indicar al Robot cual es la posición en la que se debe depositar la pieza.

4.3. Codificación de los sistemas

En este proyecto se pueden identificar 6 sistemas diferentes. Los sistemas son los siguientes:

1. Cinta transportadora 1.
2. Cinta transportadora 2.
3. PLC S7-1214.
4. HMI KPT700.
5. SVA FQ2.
6. Robot IRB120.

Los dos primeros sistemas no están codificados ya que no intervenimos en ellos. El resto de sistemas se codifican de la siguiente manera:

- El PLC S7-1214 se codificará con **PLC_**.
- La HMI KPT700 se codificará con **HMI_**.
- El SVA FQ2 se codificará con **FQ2_**.
- El Robot IRB120 se codificará con **PN_RBT_** para la parte de Profinet y **RBT1_** para las entradas y salidas digitales.

4.4. Definición de las interfaces del sistema de control

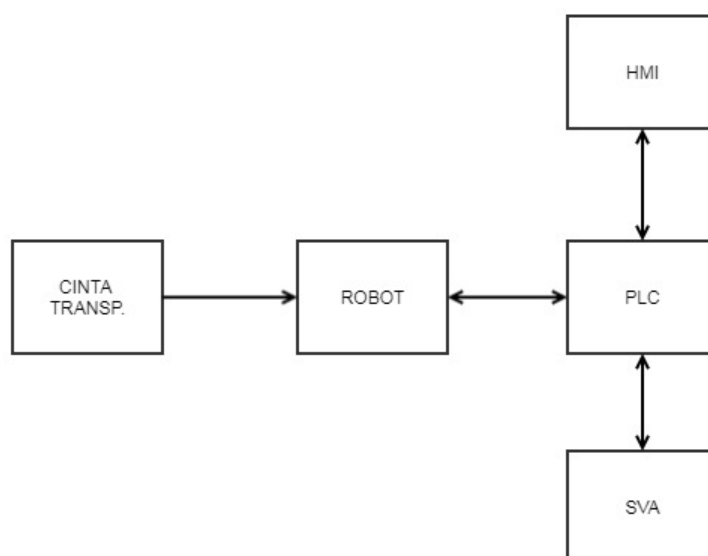


Figura 30. Interfaces del Sistema de control

4.5. Definición de los datos de intercambio

A continuación se detallan los datos que se intercambia el PLC con el resto de elementos que trabajan por Profinet en la instalación.

4.5.1. Intercambio de datos PLC – Robot IRB120

Los datos que envía el robot se han direccionado desde %I68 a %I131, mientras los valores que se envían se han direccionado desde %Q64 a %Q127.

4.5.1.1. Datos de PLC a Robot IRB120

NOMBRE	TIPO DE DATO	ÁREA DE MEMORIA
PN_RBT_CICLE_ON	BOOL	%Q64.0
PN_RBT_SELPOS_0	BOOL	%Q64.1
PN_RBT_SELPOS_1	BOOL	%Q64.2
PN_RBT_SELPOS_2	BOOL	%Q64.3
PN_RBT_SELPOS_3	BOOL	%Q64.4
PN_RBT_POSICIONAR	BOOL	%Q64.5
PN_RBT_PARO	BOOL	%Q64.6

PN_RBT_PARO_FIN_CICLO	BOOL	%Q64.7
PN_RBT_DEFECTUOSA	BOOL	%Q64.0

Tabla 2. Intercambio de datos PLC -> IRB120

4.5.1.2. Datos de Robot IRB120 a PLC

NOMBRE	TIPO DE DATO	ÁREA DE MEMORIA
PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT	BOOL	%I68.0
PN_RBT_POS_OK	BOOL	%I68.1
PN_RBT_PIEZA_PARA_RECONOCIMIENTO	BOOL	%I68.2

Tabla 3. Intercambio de datos IRB120 -> PLC

4.5.2. Intercambio de datos PLC – HMI

Al ser 2 equipos de SIEMENS las comunicaciones son algo diferentes a las del SVA y el Robot, ya que no son elementos externos a los que se le asignen unas direcciones, si no, que TIA Portal nos permite enlazar las variables del PLC con las de la HMI.

Las variables que se han enlazado son las siguientes:

NOMBRE PLC	NOMBRE HMI	TIPO DE DATO
PN_RBT_PARO_FIN_CICLO	bFINCICLO	BOOL
HMI_inc_COL1	bINCCOL1	BOOL
HMI_inc_COL2	bINCCOL2	BOOL
HMI_inc_COL3	bINCCOL3	BOOL
HMI_inc_COL4	bINCCOL4	BOOL
HMI_Bit_Reset	bRESET	BOOL
HMI_Bit_Start	bSTART	BOOL
PN_RBT_PARO	bSTOP	BOOL
HMI_Piezas COL1	PiezasenCOL1	WORD
HMI_Piezas COL2	PiezasenCOL2	WORD
HMI_Piezas COL3	PiezasenCOL3	WORD
HMI_Piezas COL4	PiezasenCOL4	WORD
HMI_Columna_1	usCOL1	USINT
HMI_Columna_2	usCOL2	USINT
HMI_Columna_3	usCOL3	USINT
HMI_Columna_4	usCOL4	USINT
HMI_Ultima_Pieza	usPIEZA	USINT

Tabla 4. Intercambio de datos PLC - HMI

4.5.3. Intercambio de datos PLC - Sistema de visión FQ2

Las áreas de memoria que se intercambian son las recomendadas por el manual del sistema de visión FQ-2 para este tipo de proceso. Los datos que envía el sistema de visión se han direccionado desde %I1 a %I48, mientras que los valores que se envían se han direccionada desde %Q1 a %Q20.

4.5.3.1. Datos de PLC a Sistema de visión FQ2

NOMBRE	TIPO DE DATO	ÁREA DE MEMORIA
FQ2_EXE	BOOL	%Q1.0
FQ2_TRIGGER	BOOL	%Q1.1
FQ2_ERROR CLEAR	BOOL	%Q2.7
FQ2_SDA	BOOL	%Q3.0
FQ2_COMMAND CODE	DOUBLE WORD	%QD5
FQ2_COMMAND PARAMETER 1	DOUBLE WORD	%QD9
FQ2_COMMAND PARAMETER 2	DOUBLE WORD	%QD13
FQ2_COMMAND PARAMETER 3	DOUBLE WORD	%QD17

Tabla 5. Intercambio de datos PLC -> SVA

4.5.3.2. Datos de sistema de visión FQ2 a PLC

NOMBRE	TIPO DE DATO	ÁREA DE MEMORIA
FQ2_FLAG	BOOL	%I1.0
FQ2_BUSY	BOOL	%I1.1
FQ2_READY	BOOL	%I1.2
FQ2_OR	BOOL	%I1.3
FQ2_RUN	BOOL	%I1.4
FQ2_ERROR	BOOL	%I2.7
FQ2_GATE	BOOL	%I3.0
FQ2_COMMAND CODE	DOUBLE WORD	%ID5
FQ2_RESPONSE CODE	DOUBLE WORD	%ID9
FQ2_RESPONSE DATA	DOUBLE WORD	%ID13
FQ2_OUTPUT DATA 1	DOUBLE WORD	%ID17
FQ2_OUTPUT DATA 2	DOUBLE WORD	%ID21
FQ2_OUTPUT DATA 3	DOUBLE WORD	%ID25
FQ2_OUTPUT DATA 4	DOUBLE WORD	%ID29
FQ2_OUTPUT DATA 5	DOUBLE WORD	%ID33
FQ2_OUTPUT DATA 6	DOUBLE WORD	%ID37
FQ2_OUTPUT DATA 7	DOUBLE WORD	%ID41
FQ2_OUTPUT DATA 8	DOUBLE WORD	%ID45

Tabla 6. Intercambio de datos SVA -> PLC

4.6. GRAFCET del programa del PLC S7-1200

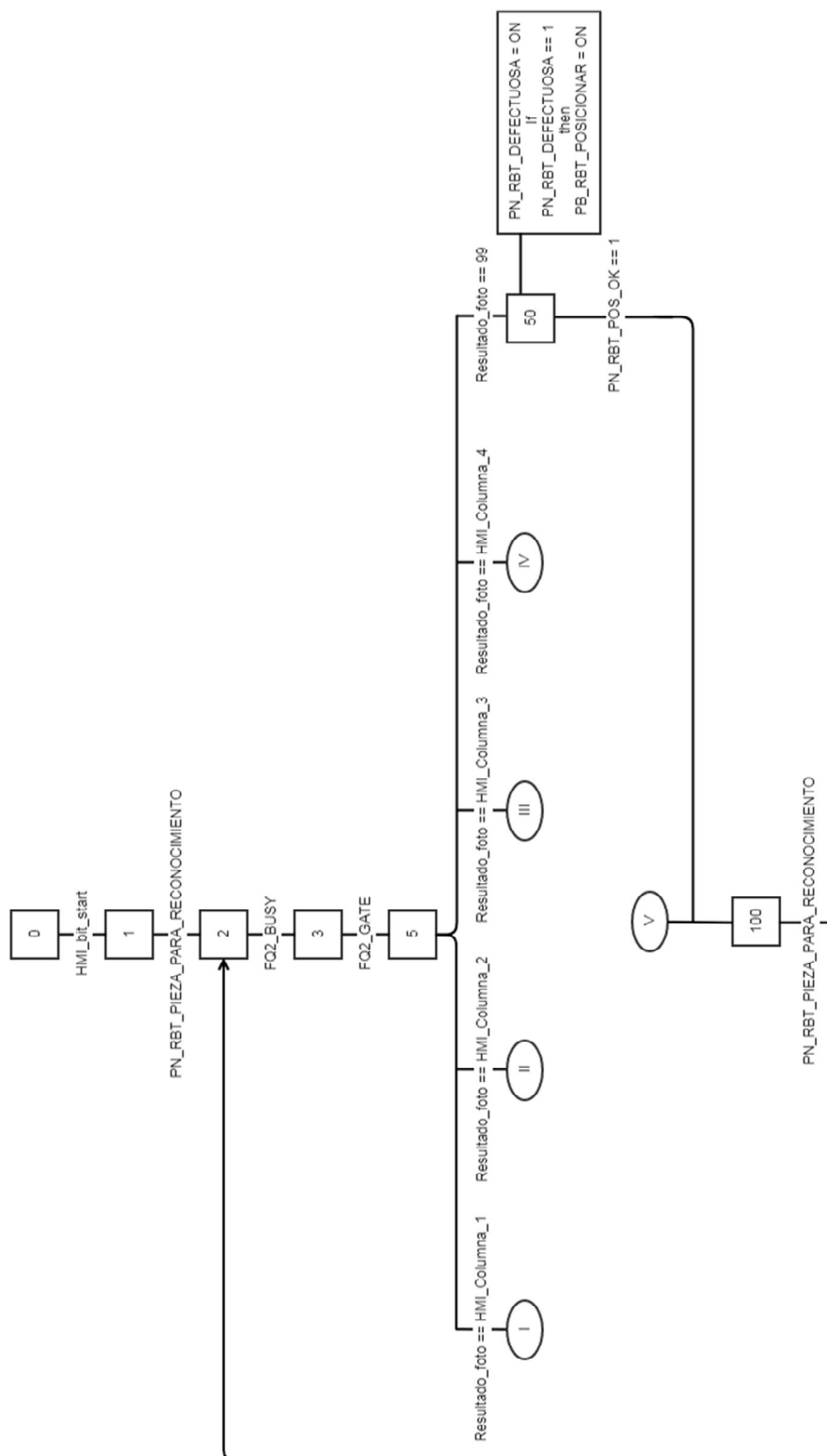


Figura 31. Grafcet (1)

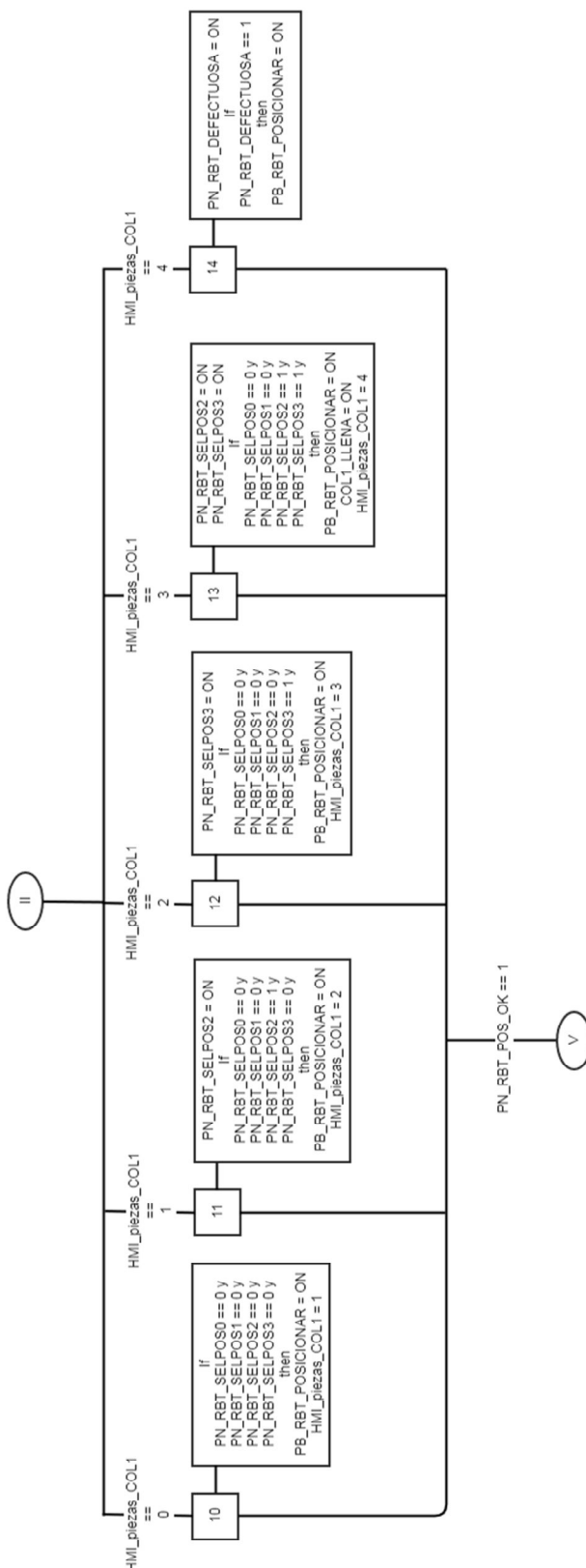


Figura 32. Grafset (2)

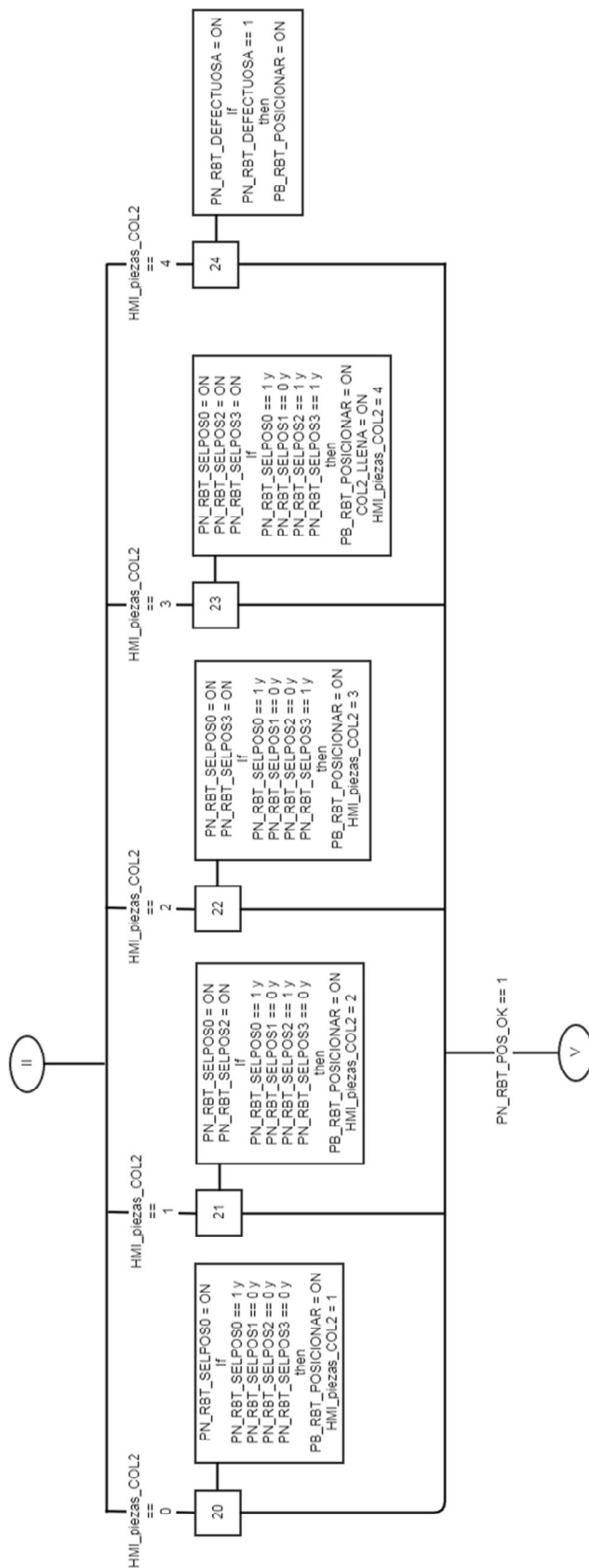


Figura 33. Grafcet (3)

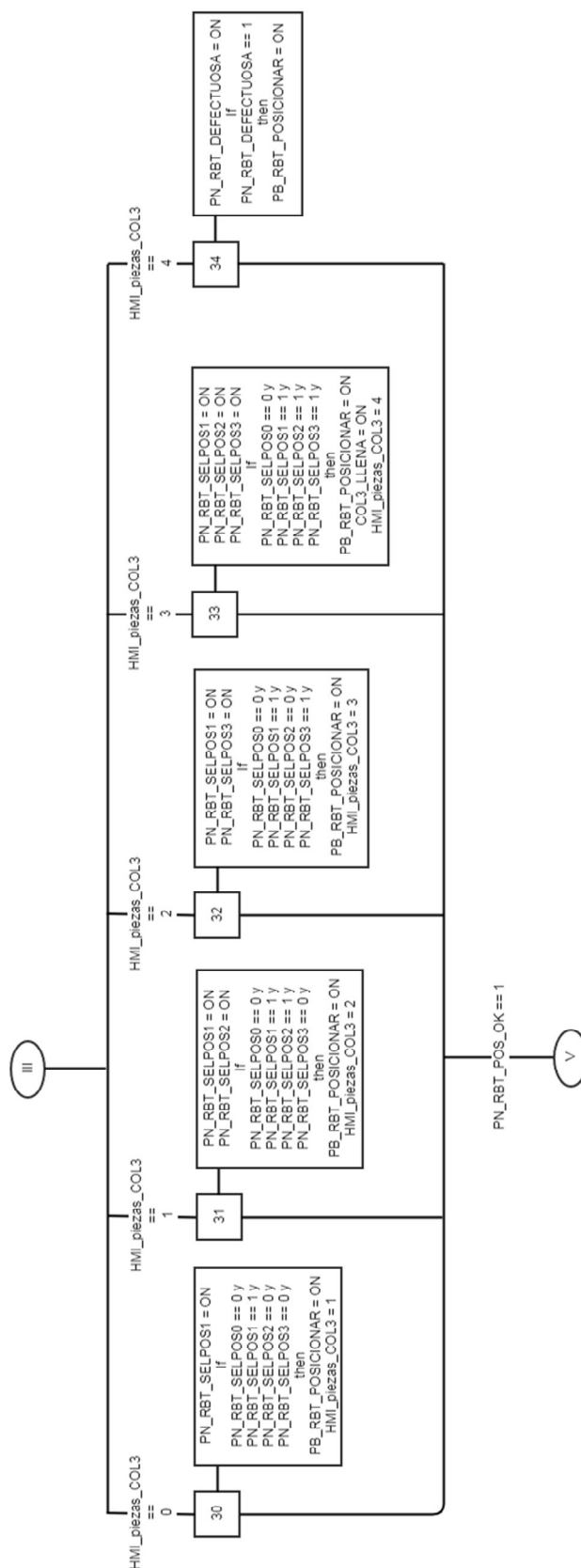


Figura 34. Grafset (4)

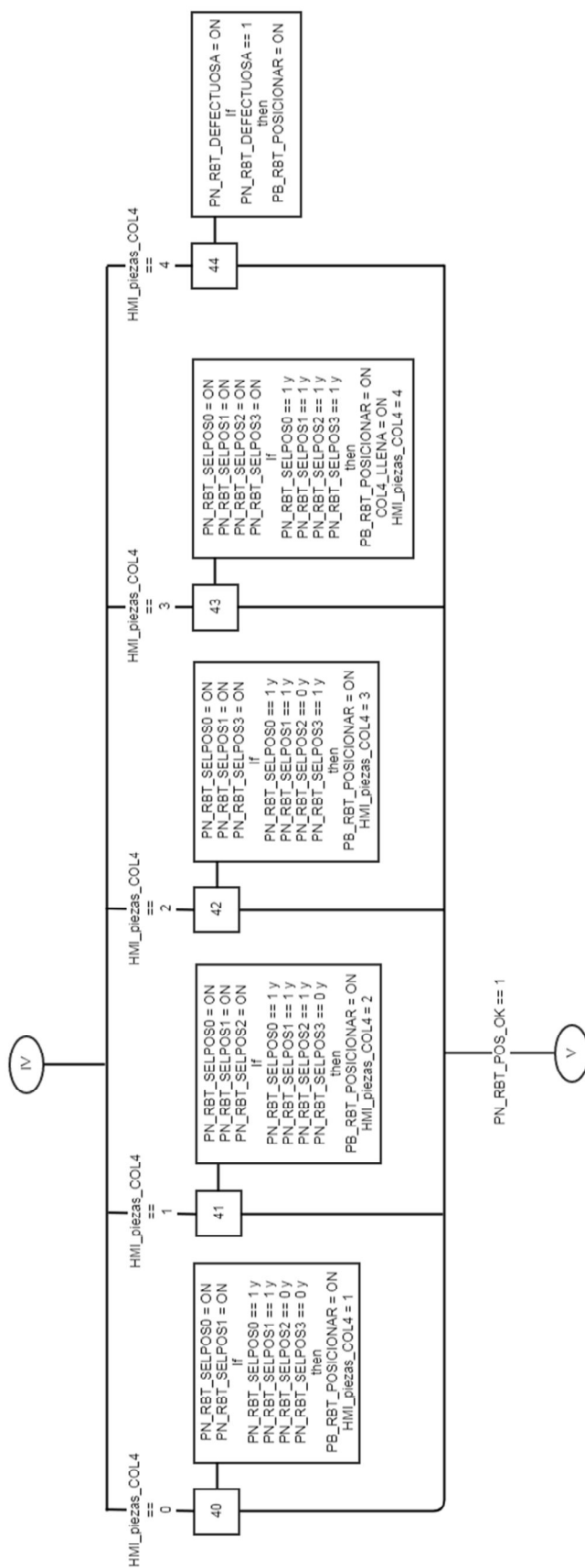


Figura 35. Grafcet (5)

4.7. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El programa del PLC se ha estructurado en 4 partes:

- Inicialización.
- Transiciones.
- Acciones.
- Rutinas comunes.

En el programa de *Inicialización*, se realiza mediante la marca de primer ciclo de scan del PLC un reset de todas las marcas y etapas utilizadas a excepción de la Etapa 0, de esta manera se asegura que al arrancar la máquina el sistema se encontrará en las condiciones óptimas de funcionamiento.

En el programa de transiciones, se definen que condiciones activan y que condiciones desactivan las etapas del programa. Por ejemplo, para que la *etapa 1* se active, es necesario que esté activa la *Etapa 0* y que se active el "*HMI_Bit_Start*". Para que se desactive la *etapa 1* es suficiente con que se active la etapa 2.

En el de acciones se declaran las instrucciones que se tienen que utilizar en cada Etapa.

Separando la activación y desactivación de las etapas de sus acciones, es mucho más sencillo hacer un seguimiento del programa, debido a que está más localizado cual es el funcionamiento de cada etapa y cuáles son las condiciones de salto

Por último, el programa de rutinas comunes tiene programadas las acciones que deben estar ejecutándose siempre, independientemente de la etapa o estado del sistema, por ejemplo, una de las cosas que se encarga de gestionar este programa es el cambio del tipo de pieza que tiene que ir en cada columna.

4.7.1. DEFINICIÓN DEL TIPO DE DATOS

A parte de las variables que el PLC se intercambia con los diferentes equipos, el PLC tiene sus propias variables que utiliza para procesos internos. Esos datos internos que utiliza son los de la siguiente tabla:

NOMBRE DATO	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN
Etapa 0	BOOL	%M0.0
Etapa 1	BOOL	%M0.1
Etapa 2	BOOL	%M0.2
Etapa 3	BOOL	%M0.3
Etapa 4	BOOL	%M0.4
Etapa 5	BOOL	%M0.5
Etapa 10	BOOL	%M1.2
Etapa 11	BOOL	%M1.3
Etapa 12	BOOL	%M1.4
Etapa 13	BOOL	%M1.5
Etapa 14	BOOL	%M1.6
Etapa 20	BOOL	%M1.7
Etapa 21	BOOL	%M2.0
Etapa 22	BOOL	%M2.1
Etapa 23	BOOL	%M2.2
Etapa 24	BOOL	%M2.3
Etapa 30	BOOL	%M2.4
Etapa 31	BOOL	%M2.5
Etapa 32	BOOL	%M2.6
Etapa 33	BOOL	%M2.7
Etapa 34	BOOL	%M3.0
Etapa 40	BOOL	%M3.1
Etapa 41	BOOL	%M3.2
Etapa 42	BOOL	%M3.3
Etapa 43	BOOL	%M3.4
Etapa 44	BOOL	%M3.5
Etapa 50	BOOL	%M3.6
Etapa 100	BOOL	%M4.4
Etapa 200	BOOL	%M4.5
Patrón 1	BOOL	%M10.0
Patrón 2	BOOL	%M10.1
Patrón 3	BOOL	%M10.2

Patrón 4	BOOL	%M10.3
COL1_Llena	BOOL	%M11.0
COL2_Llena	BOOL	%M11.1
COL3_Llena	BOOL	%M11.2
COL4_Llena	BOOL	%M11.3
First Scan	BOOL	%M200.0
Resultado_foto	WORD	%IW50

Tabla 7. Variables del PLC

4.8. Programa del HMI

A continuación, se describe el programa realizado en el HMI.

4.8.1. ÁRBOL DE NAVEGACIÓN

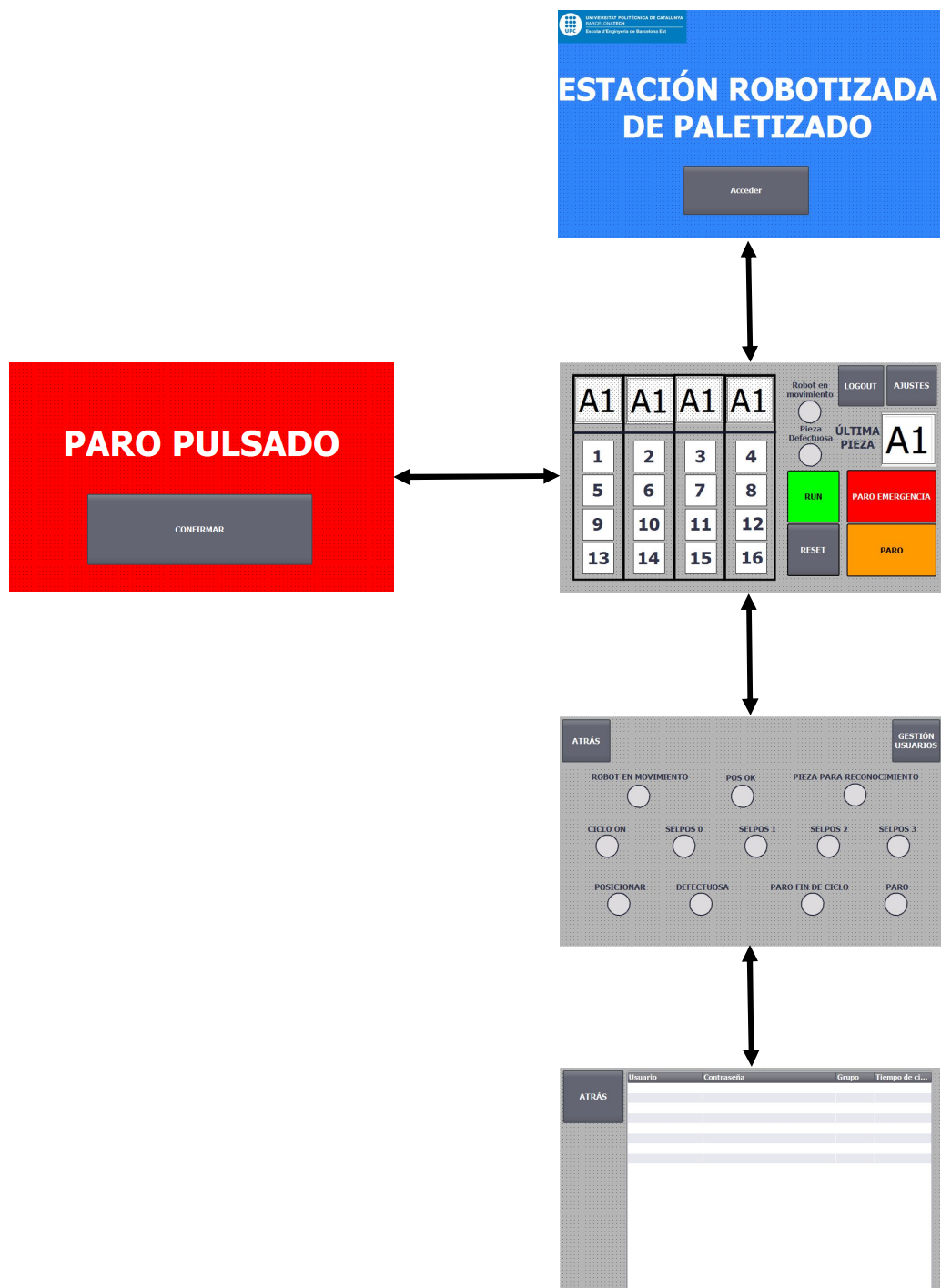


Figura 36. Árbol de navegación

4.8.2. DEFINICIÓN DEL TIPO DE DATOS

Los datos de la pantalla son los anteriormente definidos en el apartado 4.5.2.

NOMBRE PLC	NOMBRE HMI	TIPO DE DATO
PN_RBT_PARO_FIN_CICLO	bFNCICLO	BOOL
HMI_inc_COL1	bINCCOL1	BOOL
HMI_inc_COL2	bINCCOL2	BOOL
HMI_inc_COL3	bINCCOL3	BOOL
HMI_inc_COL4	bINCCOL4	BOOL
HMI_Bit_Reset	bRESET	BOOL
HMI_Bit_Start	bSTART	BOOL
PN_RBT_PARO	bSTOP	BOOL
HMI_Piezas_COL1	PiezasenCOL1	WORD
HMI_Piezas_COL2	PiezasenCOL2	WORD
HMI_Piezas_COL3	PiezasenCOL3	WORD
HMI_Piezas_COL4	PiezasenCOL4	WORD
HMI_Columna_1	usCOL1	USINT
HMI_Columna_2	usCOL2	USINT
HMI_Columna_3	usCOL3	USINT
HMI_Columna_4	usCOL4	USINT
HMI_Ultima_Pieza	usPIEZA	USINT

Tabla 8. Intercambio de datos PLC - HMI

4.8.3. DISEÑO DE LAS PANTALLAS DE LA APLICACIÓN



Figura 37. Imagen pantalla principal

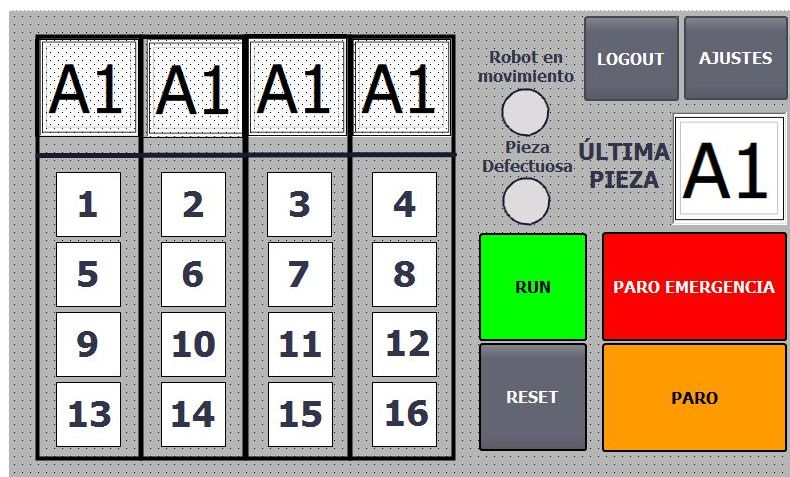


Figura 38. Imagen de la pantalla de funcionamiento



Figura 39. Imagen intercambio de señales PLC – Robot



Figura 40. Imagen gestión de usuarios



Figura 41. Imagen paro pulsado

4.8.4. FUNCIONAMIENTO DE LOS BOTONES

En este apartado se detalla el funcionamiento que tienen los diferentes botones creados en la HMI.

4.8.4.1. Botón de selección de columna

Permite seleccionar el tipo de pieza que debe ir en cada columna, pulsando sobre el cambia a la siguiente pieza. En el caso de llegar al último modelo, vuelve a saltar a la primera. Esta configuración solo puede ser variada por el administrador, de esta manera se evita que un usuario normal pueda variar la composición del palet.



Figura 42. Botón de selección de columna

4.8.4.2. Indicador Robot en movimiento

El indicador se ilumina de color verde cuando el robot está en movimiento. Está asociado al bit PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT que proporciona el robot al PLC.

4.8.4.3. Indicador Pieza defectuosa

En el caso de que la pieza leída por el sistema de visión artificial no sea correcta, el indicador se ilumina de color rojo. Está asociado al bit PN_RBT_DEFECTUOSA.

4.8.4.4. Columna

La columna se iluminará de color verde a medida que se vaya llenando. En función del valor de la variable HMI_PIEZAS_COLX.

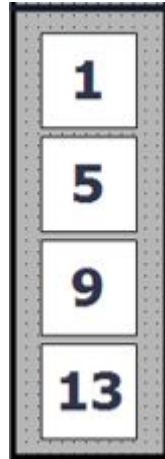


Figura 43. Columna para paletizar

4.8.4.5. Última pieza

Al leer la cámara la pieza que se debe posicionar, se informa al usuario a través de la pantalla de que pieza va a ser.

4.8.4.6. Botones

Hay cuatro botones:

- RUN – Arranca el sistema para que el robot empiece a posicionar.
- RESET – Resetea el palé.
- PARO EMERGENCIA – Detiene automáticamente el robot. Siendo necesario rearmar el equipo y pulsar nuevamente en RUN.
- PARO – Realiza una parada al finalizar el ciclo del ROBOT.

4.8.5. GESTIÓN DE USUARIOS

Al pulsar acceder en la pantalla principal ya se arranca la gestión de usuarios. Por defecto vienen configurados dos usuarios:

- Administrador
Usuario: Admin
Contraseña: 12345
- Usuario
Usuario: User
Contraseña: 54321

Los nombres y las contraseñas, así como añadir o eliminar nuevos usuarios, se puede realizar desde la pantalla habilitada para tal efecto *“gestión de usuarios”*.

La diferencia entre un usuario u otro radica en los derechos de poder modificar la composición del palé. Los administradores son los únicos con permisos suficientes como para poder variar las piezas que van por columna.

5. Pruebas y resultados

En este apartado se describen las pruebas con sus consiguientes resultados, que se han realizado para verificar que los elementos utilizados funcionan correctamente.

5.1. Diseño pruebas de verificación del sistema de visión

Para poder verificar el correcto funcionamiento de la cámara se ha realizado en el autómatas un pequeño programa con la secuencia de bits y comandos necesaria para provocar que el sistema de visión haga una captura, el propio sistema de visión lo compare con los patrones guardados previamente y el PLC mediante el valor devuelto por la cámara, sea capaz de interpretar el resultado.

El programa de PLC tiene 4 partes:

INICIACIÓN

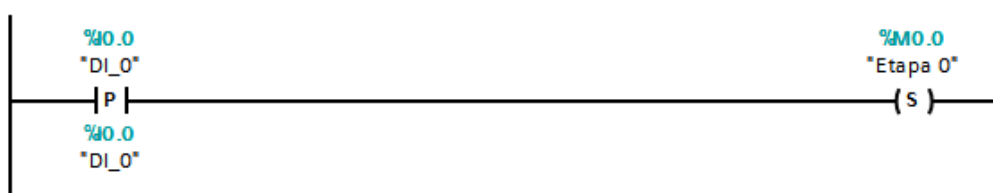


Figura 44. Inicialización del programa

CAPTURA

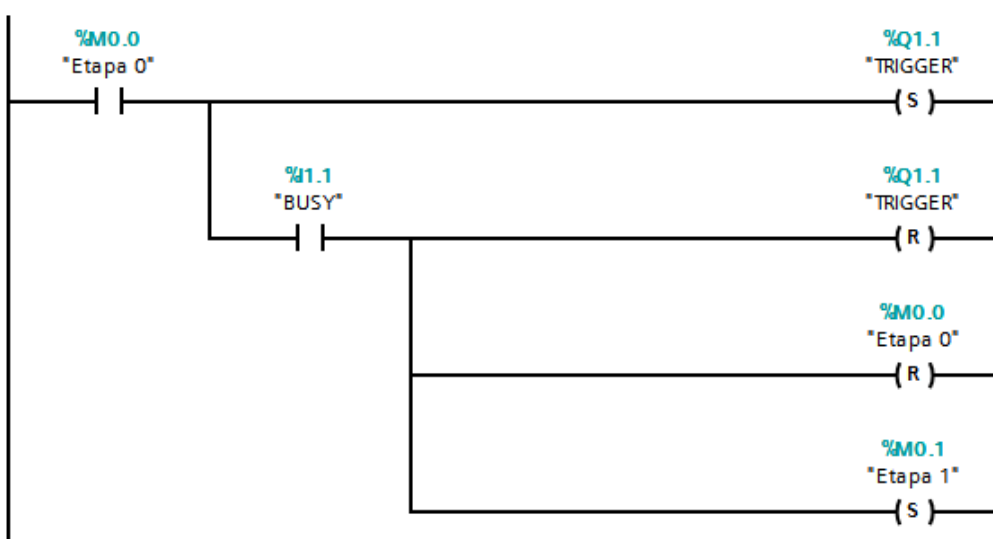


Figura 45. Secuencia de captura de imagen

Realizamos un SET de la marca TRIGGER, esta marca al ser activa provoca que la cámara haga una captura. Una vez la foto ha sido tomada, la cámara activa la marca de BUSY. Aprovechamos esta marca para resetear el bit de TRIGGER y pasar a la siguiente etapa.

COMPARAR

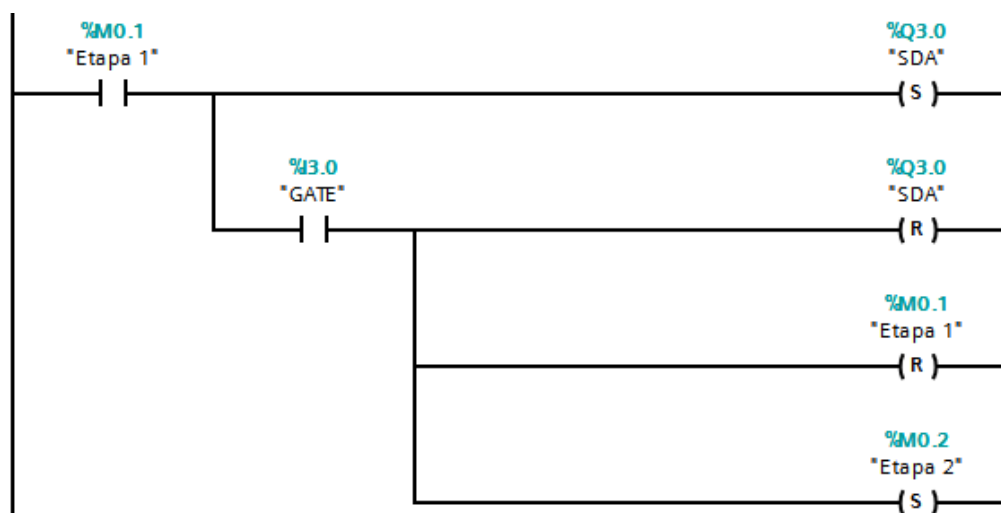
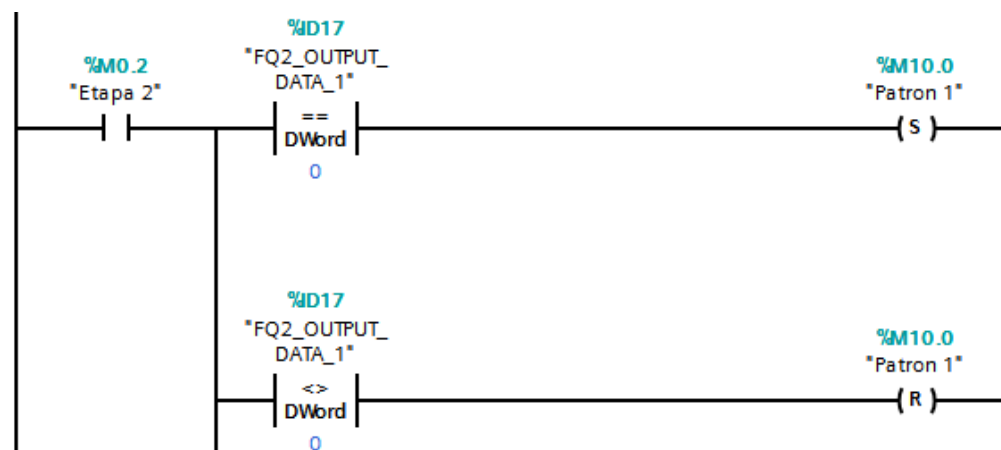


Figura 46. Comparación de patrones

Una vez hemos hecho la captura, es necesario enviar el comando de "Comparar" al sistema de visión, para ello, es necesario activar el bit SDA. Una vez la cámara ha finalizado el procesado de la imagen, activa el bit GATE. Con este bit pasamos a la siguiente etapa.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



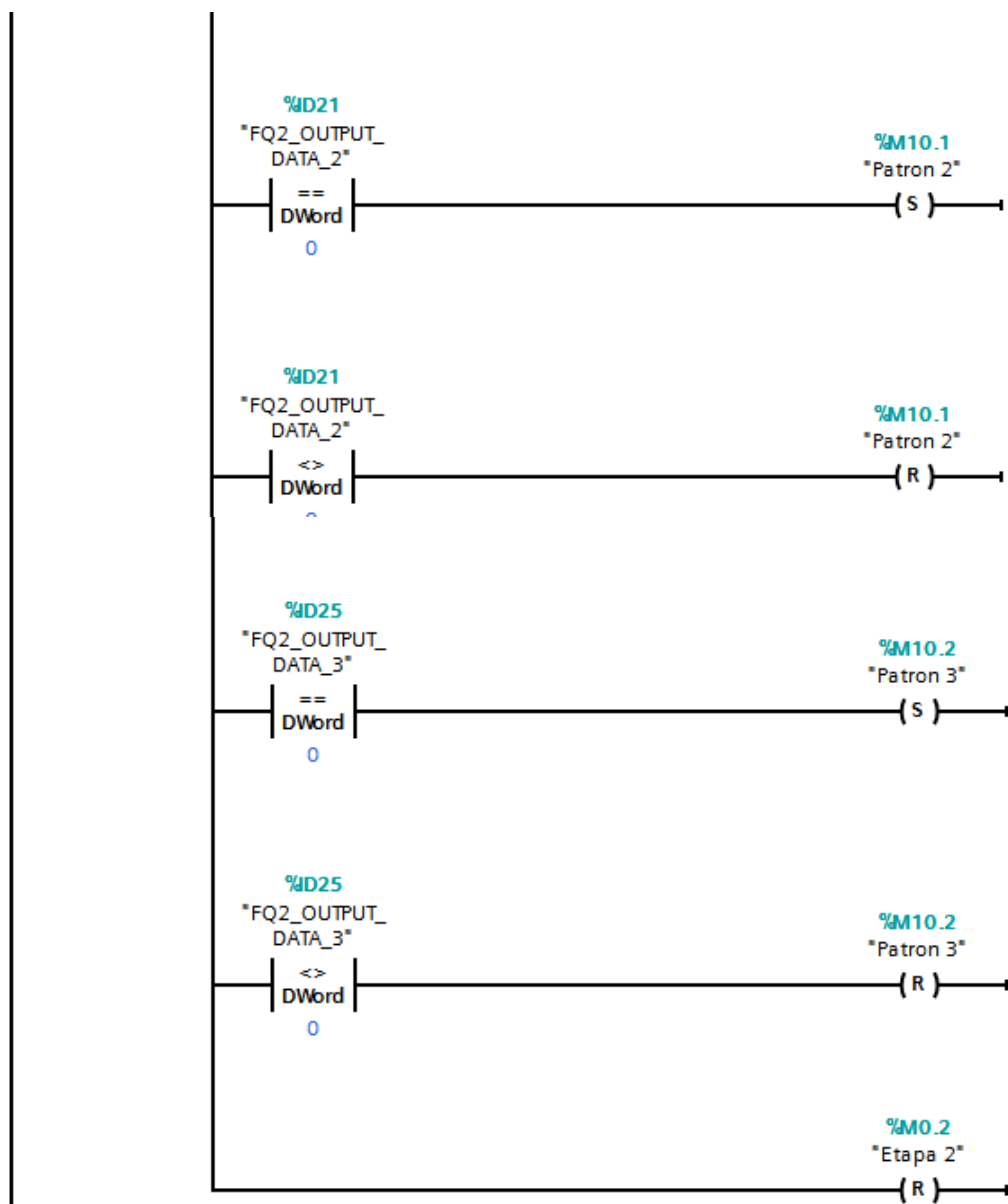


Figura 47. Señalización del tipo de pieza

En el sistema de visión se ha configurado que devuelva el valor de la correlación, es decir, compara la captura tomada con los patrones interno y devuelve un valor en función del tanto por ciento de similitud. Para esta aplicación se le ha aplicado un 90% de similitud. En el caso de que lo rebase, devuelve un 0 lógico, y en caso contrario devuelve e valor -1.

Analizando las palabras devueltas por la cámara, podemos determinar el número de pieza.

5.2. Diseño de las pruebas de funcionalidad del sistema de control

Para verificar el correcto funcionamiento y comunicación entre el autómatas y la pantalla se ha creado un programa muy sencillo cuya única funcionalidad es que desde la pantalla se active un bit del PLC y el PLC devuelva una salida

Debido a que no se disponía de la pantalla definitiva en el momento en que se realizaron los primeros programas de pantalla, la versión de pruebas se programó con una KTP600 en lugar de una KTP700.

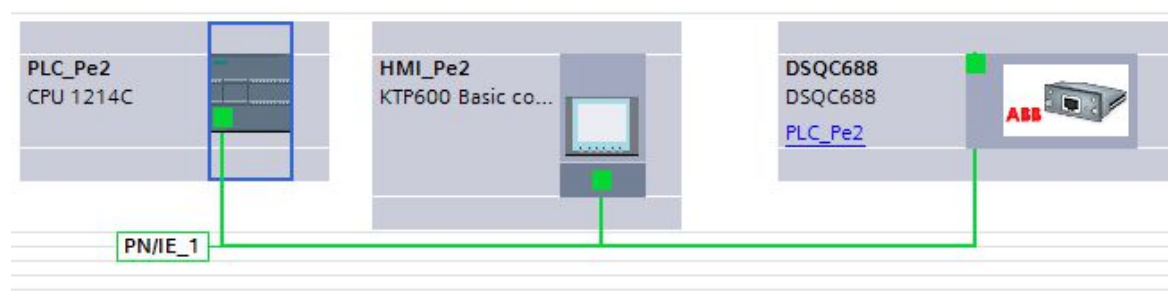


Figura 48. Red de Comunicaciones para pruebas

El programa consiste en una única imagen en la que podemos iniciar y parar el ciclo del robot. La pantalla se encarga de señalizarle la marcha y el paro al PLC y es el PLC el que se encarga de mandar al robot la señal de marcha.

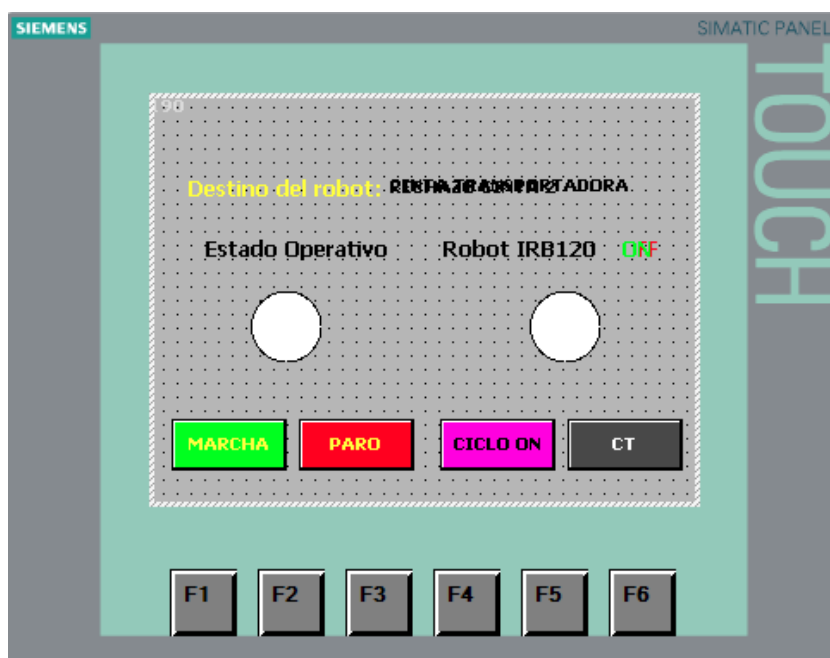


Figura 49. Imagen de pantalla de pruebas

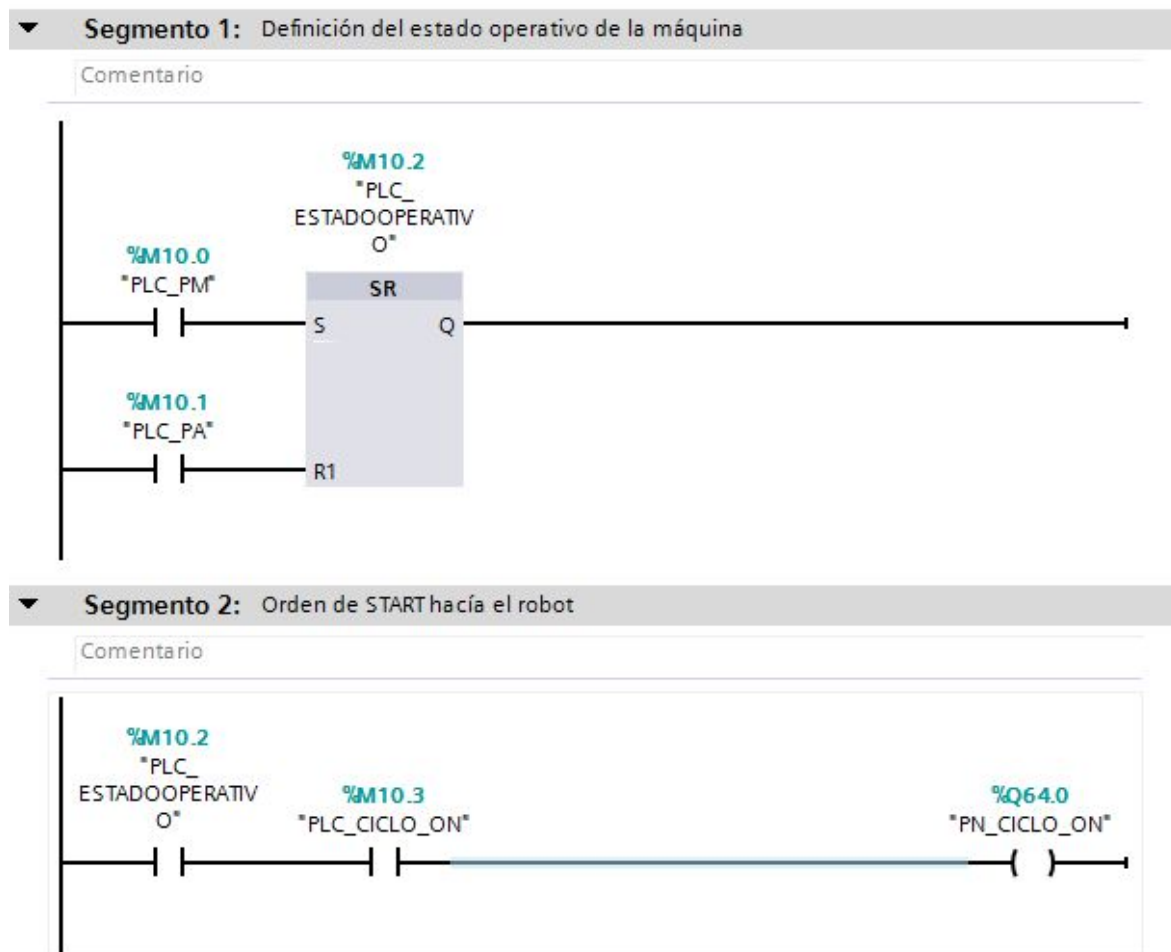


Figura 50. Programa de PLC para pruebas

De esta manera, se ha podido verificar que tanto el PLC, la HMI y el robot comunican perfectamente y la red Profinet está bien definida y funcionando perfectamente.

5.3. Diseño de las pruebas del programa del brazo robótico

Las pruebas del brazo robótico se han realizado en el apartado anterior

```

48  PROC main()
49
50      !Presurización del circuito neumático
51      Set D010_1;
52      !Posicionamiento del Robot en Home
53      MoveAbsJ jpos_Home\NoEOffs, v200, z0, Tool_Ventosa1617;
54
55      !Esperamos hasta que la pieza llegue a la Cinta 1
56      WaitDI DI10_1,1;
57      !Discriminación del posicionamentn en Posición 1 del Almacén o Rechazo
58
59  IF PN_PLC_S_MGTRBG=0 THEN
60      !Activamos la salida que señala que el Robot está en movimiento
61      Set PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;
62      Magatzem_Pos1;
63      !Desactivamos la salida que señalice el movimiento del Robot
64      Reset PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;
65  ELSE
66      !Activamos la salida que señala que el Robot está en movimiento
67      Set PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;
68      Rebug;
69      !Desactivamos la salida que señalice el movimiento del Robot
70      Reset PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;
71
72  ENDIF
73      !Despresurización del circuito neumático
74      Reset D010_1;
75  ENDPROC
76
77  PROC Magatzem_Pos1()
78      !Iniciamos el ir a sujetar la pieza
79      MoveJ p10,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
80      MoveJ p20,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
81      MoveLDO p30,v10,z0,Tool_Ventosa1617,D010_2,1;
82
83      ! Volvemos a posición de referencia
84      MoveL p20,v10,z10,Tool_Ventosa1617;
85      MoveJ p10,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
86      MoveJ p_Home,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
87
88      !Llevamos la pieza hasta la posición 1 del almacén
89      MoveJ p40,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
90      MoveJ p50,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
91      MoveLDO p60,v10,z0,Tool_Ventosa1617,D010_2,0;
92
93      !Volvemos a la posición de referencia
94      MoveL p50,v10,z10,Tool_Ventosa1617;
95      MoveJ p_Home,v200,z0,Tool_Ventosa1617;
96  ENDPROC

```

```

99  PROC Rebuig()
100  !Iniciamos el ir a sujetar la pieza
101  MoveJ p10,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
102  MoveJ p20,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
103  MoveLDO p30,v10,z0,Tool_Ventosa1617,D010_2,1;
104
105  ! Volvemos a posición de referencia
106  MoveL p20,v10,z10,Tool_Ventosa1617;
107  MoveJ p10,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
108  MoveJ p_Home,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
109
110  !Llevamos la pieza hasta rechazo de la Cinta 2
111  MoveJ p270,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
112  MoveJ p280,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
113  MoveJ p290,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
114  MoveLDO p300,v10,z0,Tool_Ventosa1617,D010_2,0;
115
116  !Volvemos a la posición de referencia
117  MoveL p290,v10,z10,Tool_Ventosa1617;
118  MoveJ p280,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
119  MoveJ p270,v200,z0,Tool_Ventosa1617;
120  MoveJ p_Home,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
121
122  ENDPROC

```

Figura 51. Programa del brazo robótico para pruebas

5.4. Resultado de las pruebas

PRUEBA	ELEMENTO	FECHA	RESULTADO
Comunicación PROFINET	FQ2	20/03/17	OK
Comunicación PROFINET	S7-1214	30/05/17	OK
Comunicación PROFINET	KPT700	30/05/17	OK
Comunicación PROFINET	IRB120	30/05/17	OK
Reconocimiento de Patrones	FQ2	20/03/17	OK
Verificación de posiciones	IRB120	03/09/17	OK
Seguridades	SISTEMA	10/09/17	OK

Tabla 9. Resultados de las pruebas

6. Plan de mantenimiento

En el plan de mantenimiento se detallan las actuaciones que se deben realizar en los elementos del sistema para garantizar un correcto funcionamiento durante más tiempo y además se proporcionan unas tablas para hacer un correcto seguimiento del mantenimiento.

6.1. Equipos de la instalación

La estación de paletizado está compuesta por los siguientes equipos:

- Cinta transportadora 1
- Cinta transportadora 2
- Equipo de visión artificial FQ2
- Robot ABB IRB-120
- PLC S7-1214
- HMI KPT700
- Compresor y unidad de mantenimiento

6.2. Mantenimiento de los equipos

6.2.1. Cinta transportadora 1

- Comprobar visualmente el estado de la cinta por tal de detectar desperfectos y desgaste. Sustituir la cinta en el caso de que fuese necesario.
- Limpieza de los sensores y reflectantes. Utilizar un trapo seco.

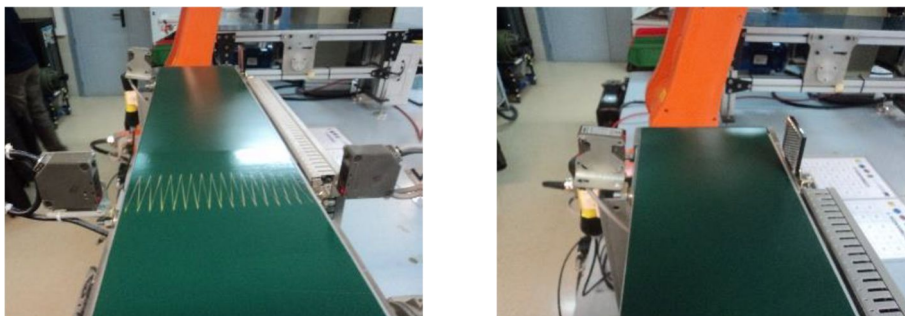


Figura 52. Sensores de la cinta transportadora (1)

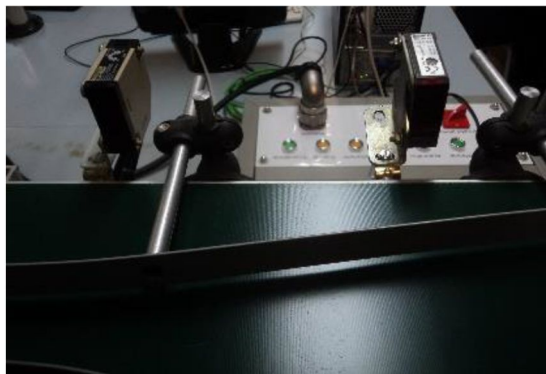


Figura 53. Sensores de la cinta transportadora (2)

- Comprobar el correcto funcionamiento de los sensores. Ver como se enciende el LED en el sensor al detectar cualquier objeto y en el módulo de entradas del PLC.
- Comprobar la tensión de la cinta. Tensar la cinta en caso de que sea necesario.
 - Collar los tornillos de ambos lados.
 - Seleccionar modo manual y desplazar la cinta por tal de ver que está alineada. En el caso de no ser así se pueden producir desperfectos por el rozamiento.



Figura 54. Tensor de la cinta 1

- Comprobar la dureza de los rodamientos. Sustituir en caso que sea necesario o una vez sobrepasada su vida útil, según indicaciones del fabricante.
- Comprobar visualmente los pilotos del cuadro eléctrico y la baliza. Sustituir los pilotos en caso que sea necesario.



Figura 55. Cuadro eléctrico cinta transportadora 1 (1).

- Collar los tornillos del bornero mediante el destornillador adecuado.

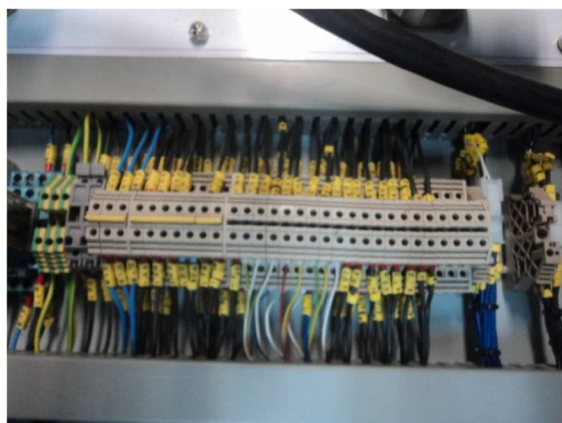


Figura 56. Cuadro eléctrico cinta transportadora 1 (2)

- Comprobar los pulsadores, el selector, el joystick y el enclavamiento y funcionamiento de la seta de emergencia. Sustituir los elementos que sean necesarios.



Figura 57. Botonera cinta transportadora 1

- Comprobar el magnetotérmico y el diferencial.

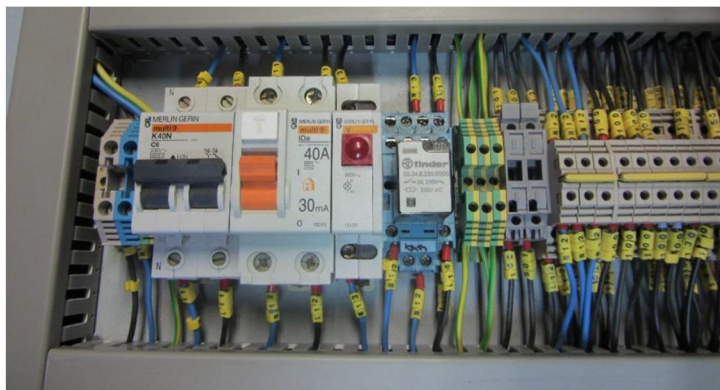


Figura 58. Cuadro eléctrico cinta transportadora 1 (3)

- Comprobar el nivelado de la cinta.

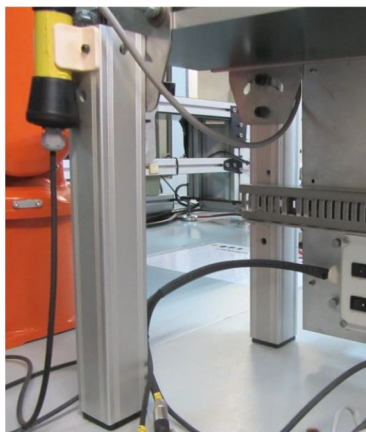


Figura 59. Nivelado cinta transportadora 1

- Comprobar el nivel de la batería del PLC de las cintas. Consultar el manual del producto.

6.2.2. Cinta transportadora 2

- Comprobar visualmente el estado de la cinta por tal de detectar desperfectos y desgastes. Sustituir la cinta en el caso de que fuese necesario.
- Limpieza de los sensores utilizando un trapo seco.



Figura 60. Sensores cinta transportadora 2

- Comprobar el correcto funcionamiento de los sensores. Ver como se enciende el LED en el sensor al detectar cualquier objeto y en el módulo de entradas del PLC.
- Comprobar la tensión de la cinta. Tensar la cinta en caso de que sea necesario.
 - Collar los tornillos de ambos lados.
 - Seleccionar modo manual y desplazar la cinta por tal de ver que está alineada. En el caso de no ser así se pueden producir desperfectos por el rozamiento.



Figura 61. Tensores cinta transportadora 2

- Comprobar la dureza de los rodamientos. Sustituir en caso que sea necesario o una vez sobrepasada su vida útil, según indicaciones del fabricante.
- Comprobar visualmente los pilotos del cuadro eléctrico y la baliza. Sustituir los pilotos en caso que sea necesario.



Figura 62. Cuadro eléctrico cinta transportadora 2 (1)

- Collar los tornillos del bornero mediante el destornillador adecuado.



Figura 63. Cuadro eléctrico cinta transportadora 2 (2)

- Comprobar los pulsadores, el selector, el joystick y el enclavamiento y funcionamiento de la seta de emergencia. Sustituir los elementos que sean necesarios.



Figura 64. Botonera cinta transportadora 2

- Comprobar el magnetotérmico y el diferencial.



Figura 65. Cuadro eléctrico cinta transportadora 2 (3)

- Comprobar el nivelado de la cinta.



Figura 66. Cinta transportadora 2

- Comprobar el nivel de la batería del PLC de las cintas. Consultar el manual del producto.

6.2.3. Robot ABB IRB-120

- Seguir las indicaciones de mantenimiento dadas por el fabricante y documentadas en el manual del producto en la página 83.

6.2.4. Sistema de visión artificial FQ2 de OMRON

- Limpiar el objetivo de la cámara. Utilizar un trapo seco.
- Comprobar la posición de la cámara. Ajustar en el caso que fuese necesario o no se detectasen correctamente las piezas.

6.2.5. Compresor y unidad de mantenimiento

- Comprobar que no haya pérdidas de aire.
- Comprobar el correcto funcionamiento del manómetro.
- Comprobar la válvula de paso de aire.
- Comprobar la llave de control de caudal.



Figura 67. Compresor

- Comprobar la unidad de mantenimiento.



Figura 68. Unidad de mantenimiento

- Purgar la unidad de mantenimiento.



Figura 69. Purga unidad de mantenimiento

- Purgar el compresor.



Figura 70. Purga del compresor

6.3. Fichas de inspección y reparación

En este apartado se encuentran las fichas para realizar las acciones descritas anteriormente.

6.3.1. Mantenimiento preventivo Cinta transportadora 1

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		CINTA TRANS. 1
Mantenimiento diario	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Estado de la cinta	Visual	Sustituir
Sensores y reflectores	Limpiar	Sustituir
Comprobación de los sensores	Visual	Sustituir
Comprobación de los pilotos del cuadro eléctrico y las balizas	Visual	Sustituir Pilotos
Comprobación elementos botonera	Visual	Sustituir elemento
Mantenimiento semanal	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Comprobación de la tensión de la cinta	Visual	Tensar
Mantenimiento Mensual	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Comprobación de la dureza de los rodamientos	Visual / Engrasar	Sustituir
Comprobación del funcionamiento del magnetotérmicos y el diferencial	Visual	Sustituir
Mantenimiento Anual	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Nivelado de la cinta	Visual	Nivelar
Batería del PLC	Comprobar	Sustituir
Collar tornillos del bornero	Collar tornillos	Sustituir

Tabla 10. Ficha mantenimiento preventivo Cinta 1

6.3.2. Mantenimiento preventivo cinta transportadora 2

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		CINTA TRANS. 2
Mantenimiento diario	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Estado de la cinta	Visual	Sustituir
Sensores y reflectores	Limpiar	Sustituir
Comprobación de los sensores	Visual	Sustituir
Comprobación de los pilotos del cuadro eléctrico y las balizas	Visual	Sustituir Pilotos
Comprobación elementos botonera	Visual	Sustituir elemento
Mantenimiento semanal	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Comprobación de la tensión de la cinta	Visual	Tensar
Mantenimiento Mensual	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Comprobación de la dureza de los rodamientos	Visual / Engrasar	Sustituir
Comprobación del funcionamiento del magnetotérmicos y el diferencial	Visual	Sustituir
Mantenimiento Anual	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Nivelado de la cinta	Visual	Nivelar
Batería del PLC	Comprobar	Sustituir
Collar tornillos del bornero	Collar tornillos	Sustituir

Tabla 11. Ficha mantenimiento cinta 2

6.3.3. Mantenimiento preventivo Robot ABB IRB-120

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		ROBOT IRB-120
Mantenimiento diario	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Estado de la ventosa	Visual	Sustituir
Inspección amortiguadores eje 1, 2 y 3	Visual	Sustituir
Mantenimiento semanal	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Inspección del cableado	Visual	Sustituir
Limpieza general	Limpiar	
Mantenimiento Mensual	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Inspección topes mecánicos	Visual	Sustituir
Inspección topes de plástico	Visual	Sustituir
Mantenimiento Anual	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Batería	Comprobar	Sustituir cada 3 años
Correas	Visual	Sustituir cada 3 años

Tabla 12. Ficha mantenimiento Robot IRB120

6.3.4. Mantenimiento preventivo Sistema de visión artificial FQ2

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		CÁMARA FQ-2
Mantenimiento diario	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Objetivo de la cámara	Limpiar	
Mantenimiento semanal	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Posición de la cámara	Visual	Ajustar

Tabla 13. Ficha mantenimiento Cámara FQ2

6.3.5. Mantenimiento preventivo Compresor y unidad de mantenimiento

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		CYUM
Mantenimiento diario	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Comprobar que no haya pérdidas de aire	Visual	Sustituir o reparar
Comprobar el correcto funcionamiento del manómetro	Visual	Sustituir
Comprobar la válvula de paso de aire	Visual	Sustituir
Comprobar la llave de control del caudal	Visual	Sustituir
Comprobar la unidad de mantenimiento	Visual	Sustituir
Mantenimiento semanal	Acción Preventiva	Acción Correctiva
Unidad de mantenimiento	Purgar	
Compresor Tabla	Purgar	

Tabla 14. Ficha mantenimiento compresor y unidad de mantenimiento

7. Normativa

Este proyecto no cumple la mayoría de las normativas que se nombran a continuación debido a que está pensado con finalidad formativa y por tanto permite a los alumnos el acceso a todos los elementos del conjunto de la estación debido a que la configuración del robot limita su funcionalidad reduciendo la peligrosidad de cara al usuario, dichas limitaciones serían distancia de seguridad con el operario que lo manipula, limitación de la velocidad del robot y bloqueo del acceso al modo automático del robot mediante un interruptor por llave.

A continuación, se nombrarán las normativas que se deberían haber aplicado en un ambiente industrial y se explicará brevemente la normativa IEC 61131-3 ya que es una de las principales a nivel industrial.

7.1. Normativa general

A continuación, se detallan las normativas generales que deberían emplearse en el proyecto.

7.1.1. Marcado CE: Compatibilidad electromagnética

- Europa: Comunicación 2012/C321/01
- España: Orden ITC/2045/2010, del 22-07-2010, por la que se regula el procedimiento por la designación de organismos notificados para equipos de telecomunicaciones, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1580/2006, del 22-12-2006, por la que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos. BOE Nº 183.29-07-2010

Esta normativa se debería aplicar a todos los dispositivos instalados en el sistema.

7.1.2. Material eléctrico

- Europa: Comunicación 2012/C245/01 de la comisión en el marco de la aplicación de la directiva 2006/95/CE del parlamento europeo y del consejo, de 12-12-2006, relativo a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse como determinados límites de tensión (publicación de títulos y referencias de normas conforme a la directiva DOUE.C-245.14-08-2012.

Aplicación en todos los equipos y dispositivos instalados en el conjunto de la célula de trabajo y ampliaciones o modificaciones del mismo.



7.1.3. Máquinas

- R.D.1644/2008. En este documento se establece las prescripciones relativas a la comercialización y puesta en marcha de la máquina, con la finalidad de garantizar la seguridad de estas y su libre circulación, de acuerdo con las obligaciones establecidas en la Directiva 2006/42/CE.

Aplicación en la célula de trabajo y en las posteriores ampliaciones y modificaciones.

7.1.4. Energías renovables y eficiencia energética

- La directiva 2006/32/CE. Tiene como finalidad fomentar la mejora de la eficiencia energética en los sistemas finales.

7.1.5. Prevención de riesgos laborales

- Disposiciones básicas. Real Decreto 486/1997. En este Real Decreto, se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los sitios de trabajo, de acuerdo con las obligaciones establecidas en la Directiva 89/654/CEE.
- Seguridad frente al Riesgo Eléctrico. Real Decreto 614/2001. Legislación aplicable a las instalaciones eléctricas de los puestos y trabajo y las técnicas y procedimientos para trabajar en estos puestos de trabajo o en sus proximidades, con el fin de garantizar la seguridad de los trabajadores.

7.1.6. Instalaciones electrotécnicas de Baja Tensión. Reglamento REBT.

- Real Decreto 842/2002 y normas vinculadas.
- Real Decreto 560/2010 de 07-05-2010, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, del 23-11-2009, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio y la Ley 25/2009, del 22-12-2009, de la modificación de diversas leyes por su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades del servicio y su ejercicio BOE. Nº 125.22-05-2010.

Aplicación en todo el conjunto de elementos eléctricos de control y la conexión de los elementos a la red monofásica de Baja Tensión.

7.2. Normativa específica

A continuación, se detalla la normativa específica del proyecto realizado.

7.2.1. Normativa general

- PNE 157 001 (marzo 2001), donde se definen los criterios generales para la elaboración de proyectos.

Aplicación en el desarrollo y redacción del proyecto.

7.2.2. Representación de planos y esquemas eléctricos

- UNE 1039:1994: Sobre los aspectos generales en el desarrollo de planos y esquemas.
- IEC 61082: Sobre la simbología y representación de esquemas eléctricos.
- UNE-EN ISO 5455:1996: Sobre escalas normalizadas en los planos y esquemas.
- UNE 102795: Sobre el plegado y normalización de planos y esquemas.

Se deberían aplicar en el desarrollo del conjunto de planos y esquemas de la interface de control.

7.2.3. Seguridad en máquinas

- ISO 11161.01/05/07 en el cual se tratan los principios básicos de seguridad en las máquinas.

7.2.4. Normativa específica de Seguridad en Sistemas Robotizados

- Normativa internacional ISO 10218 :1992.
- Normativa americana ANSI/RIA R15.06-1992.
- Normativa europea EN 775 y española UNE-EN 775

7.3. Metodología de desarrollo

Para la metodología de desarrollo se ha aplicado la normativa ISA-88, un control estándar de procesos por lotes de direccionamiento. Es una filosofía de diseño para describir equipos y

procedimientos, también aplicable a procesos manuales. Fue aprobado por el ISA en 1995 y actualizado en 2010. Su versión original fue adoptada por la CEI en 1997 como IEC 61512-1.

La normativa ISA-88 está separada en 4 partes:

- Modelos y terminología.
- Estructura de datos y directrices de idiomas.
- Representación general de los modelos de recetas.
- Almacenamiento de los lotes de producción.

La normativa ISA-88 proporciona un conjunto coherente de normas y terminología para el control por lotes y define el modelo físico, procedimiento y recetas.

La normativa busca solucionar los problemas de falta de modelo para control de lotes, dificultad en la comunicación de los requerimientos de los usuarios, integración entre los proveedores de automatización de lotes y dificultad de la configuración.

El estándar define un modelo de proceso que consiste en un conjunto ordenado de etapas, procesos y acciones.

7.4. Codificación e identificación

La normativa ISA-5.5 nace con el propósito de establecer un sistema de símbolos gráficos para procesos en pantallas de operador para el proceso de supervisión y control. El sistema pretende facilitar la rápida comprensión por los usuarios de la información que se transmite a través del muestreo y establece la uniformidad a lo largo de las diferentes industrias de proceso.

Los beneficios de aplicar esta normativa son:

- Una disminución en los errores del operador.
- Un acortamiento de la capacitación de operadores.
- Mejor comunicación de la intención del diseñador del sistema de control a los usuarios del sistema.

7.5. Implementación del programa PLC

La normativa IEC 61131-3 es una normativa de estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar.

La norma se divide en 5 apartados:

- Vista General
- Hardware
- Lenguaje de programación
- Guías de usuario
- Comunicación

El objetivo final de esta norma debería ser que, independientemente de la marca de autómatas que se utilizara, la programación debería ser exactamente la misma. A la hora de la verdad, exceptuando el lenguaje de programación Codesys, que es un lenguaje estructurado que cumple la normativa IEC 61131 y que utilizan fabricantes como BOSCH REXROTH o PARKER, cada fabricante adapta la norma a su programa y necesidades.

La implementación de esta norma por los fabricantes comportaría numerosos beneficios como:

- Reducción del gasto en recursos humanos, formación, mantenimiento y consultoría.
- Evitar problemas de adaptabilidad de programas debido a la alta flexibilidad y reusabilidad del software.
- Las técnicas de programación son utilizables en amplios sectores.
- Combinación de elementos que pueden venir de diferentes fabricantes.

En el caso del proyecto, se puede ver la norma aplicada en el caso de los lenguajes de programación. La norma IEC 61131 admite diversos lenguajes de programación, entre los cuales se incluye el lenguaje de Ladder utilizado en el PLC como lenguaje estructurado en la programación del brazo robótico.

7.6. Programación HMI

En la programación de las HMI se aplican las siguientes normativas:

- ISA 101.
- IEC 60447 (actuadores principales).
- IEC 60617 (Símbolos gráficos para diagramas).
- IEC 61310-1 (Seguridad en máquinas).
- ISO 3864 (Colores y símbolos de seguridad).
- ISO 8201 (audios para señales de emergencia y evacuación).

8. Análisis del impacto ambiental.

El principal foco de impacto medioambiental es el compresor que se utiliza para la herramienta del robot. El compresor está constantemente trabajando y como todo compresor, excepto los modelos respetuosos con el medio ambiente, expulsa CO₂ en su funcionamiento.

El funcionamiento normal del sistema se puede ver modificado por incidencias provocados por averías en los diferentes elementos que componen la célula de trabajo. En cualquiera de los casos, se ha dotado de sistemas de seguridad que prevengan o minimicen los riesgos hacia la instalación y las personas.

El riesgo por colisión por parte del robot está minimizado ya que, en el caso hipotético de colisión, el robot se pararía al encontrar resistencia.

9. Conclusiones

El trabajo realizado ha sido satisfactorio ya que se han cumplido todos los hitos y requisitos exigidos por el cliente antes de empezar a realizarlo. A título personal, estoy muy satisfecho debido a que también he podido cumplir mis propios objetivos, que eran aprender a programar SIEMENS y trabajar con sistemas de visión artificial y robótica.

De cara a *l'Escola Jesuïtes el Clot*, han quedado satisfechos por la solución y documentación aportada, además, aunque el proyecto se ha finalizado 3 meses tarde, ya que, debía haber sido finalizado en junio, el plazo ha sido válido, debido a que se empezará a utilizar dicho proyecto a partir del segundo trimestre del curso 2017/2018 en segundo curso de automatización y robótica industrial.

De cara a futuro, hay varias mejoras o ampliaciones que se le podrían hacer al trabajo. Por ejemplo, se podría haber creado una gestión de las diferentes emergencias que pudieran ocurrir en el sistema, a parte del paro que hay en pantalla, que es la única que actualmente se gestiona. Dicho sistema de emergencias ayudaría a cumplir mejor las diferentes normativas y haría la aplicación algo más industrial de lo que es ahora.

Se podría crear un histórico de las piezas o los lotes hechos, para poder analizar la producción. De esta manera, se tendría otra pantalla en la cual se graficarían las diferentes producciones, además, se podría realizar de tal manera que cada producción fuese asignada al usuario introducido.

También se podría incorporar un segundo robot, que permitiera poder trabajar en paralelo en un mismo lote o incluso trabajando en dos lotes a la vez, lo que aceleraría y optimizaría el proyecto. Justo para este nuevo curso, *l'Escola Jesuïtes el Clot* han incorporado un nuevo robot de ABB y por tanto ya tienen los materiales para poder llevarlo a cabo dicha ampliación.

Por último, quizás algo de industria 4.0, que es la tendencia y lo que se empieza a imponer en el mercado y de lo cual no se ha trabajado demasiado en la carrera. Por ejemplo, la gráfica de tendencias comentada anteriormente, podría ser visible a través de cualquier dispositivo móvil o PC, o por ejemplo se podría implementar la función que, en el caso de una alarma o emergencia grave, se enviara un mail o SMS a los responsables de planta.

10. Presupuesto y análisis económica

Debido a que en este proyecto únicamente se ha subcontratado la parte de la programación, en el presupuesto se divide en 4 partes:

- Análisis y decisión de la solución a emplear.
- Programación.
- Puesta en marcha.
- Documentación del proyecto.

Al subcontratar un proyecto, le precio hora de una ingeniería puede variar en función de la naturaleza del proyecto y el tipo de ingeniería que se contrate, en este caso se ha estimado que el precio medio de una ingeniería está alrededor de los 35€/hora.

CONCEPTO	PRECIO HORA	HORAS	TOTAL
Análisis del problema	35 €/h	10 h	350,00 €
Programación	35 €/h	60 h	2.100,00 €
Puesta en marcha	35 €/h	40 h	1.400,00 €
Documentación	35 €/h	20 h	700,00 €

Tabla 15. Presupuesto diferentes partes

TOTAL, sin IVA	4.550,00 €
IVA del 21%	955,50 €
TOTAL	5.505,50 €

Tabla 16. Presupuesto final

Bibliografia

1. Manual de instrucciones del PLC Siemens S7-1200. Disponible en https://cache.industry.siemens.com/dl/files/121/109478121/att_851434/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf>
2. Robot IR120 <<http://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/irb-120>>
3. Manual Controladora IRC5
<<http://www.abb.es/product/seitp327/c856731f190645eec125716c0023a375.aspx>>
4. Manual del sistema de visión artificial FQ2
<<https://industrial.omron.es/es/products/fq2#features>>
5. Normativas ISO <<https://www.iso.org>>
6. ABB Automation. Manual de Referencia Técnica. Instrucciones, funciones y tipos de datos de RAPID. <http://www.infopl.net/files/descargas/abb_robotica/infopl_net_3hac032104-005_revd_es_.pdf>

Annex A

A1. Pliegue de condiciones

Este pliegue de condiciones comprende el conjunto de características y normas que se deben cumplir en la realización del proyecto titulado “Estación Robotizada de Paletizado”.

El proyecto debe comprender 3 partes fundamentales e independientes. La parte de control, la parte robotizada y la parte de visión. El robot debe ser el modelo IRB120 de ABB junto con la controladora IRC5. El sistema de visión artificial debe ser el modelo FQ2 de OMRON. La parte de control está abierta a elección entre OMRON o SIEMENS.

Las características generales que debe tener el proyecto son las siguientes:

- Sistema para paletizar 4 piezas diferentes.
- Cada columna debe ser diferente, no se repetirán 2 columnas iguales en un mismo palé.
- Debe haber una gestión de usuarios.
- El administrador será el único que pueda variar el orden y contenido del palé.
- Los usuarios sin permisos solo pueden poner en marcha y parar el equipo.

La instalación y puesta en marcha del sistema debe hacerse en la zona habilitada por *l’Escola Jesuïtes el Clot* para tal efecto, sin la posibilidad de sacar el material de las instalaciones.

Todo el proyecto debe quedar debidamente documentado y comentado, por si fueran necesarias modificaciones o ampliaciones posteriores.

Es necesario adjuntar en la documentación un manual de usuario al igual que breves explicaciones de cómo poner en marcha el sistema de visión artificial, debido a que es un proyecto académico que utilizarán los alumnos para aprender el funcionamiento de robots y sistemas de visión artificial.

A2. Manual de Usuario

Al arrancar el equipo aparecerá la pantalla principal, en la cual hay que hacer un Login. En el caso que sea la primera vez que se arranca el sistema, es recomendable que el Login lo realice un administrador, debido a que se deberá configurar el palé.



Figura 71. Pantalla principal

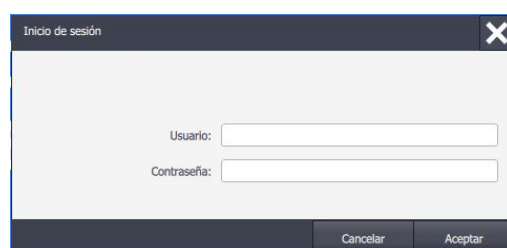


Figura 72. Introducción de usuario y contraseña

Una vez introducido un usuario y contraseña correctamente, se llega a la pantalla de configuración y puesta en marcha del sistema.

En esta pantalla aparecen la configuración de las columnas, las cuales, pulsando sobre ellas se puede seleccionar la pieza que va en cada una.

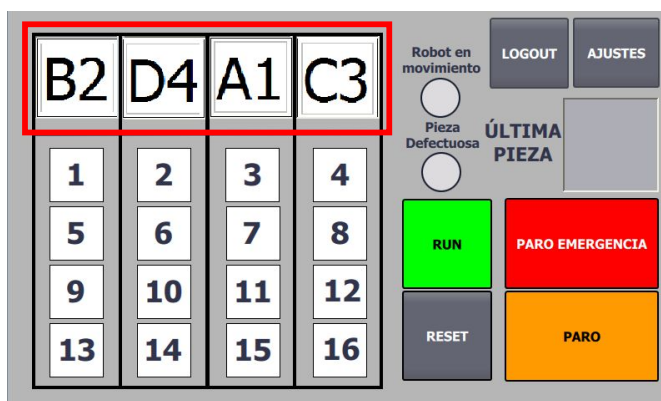


Figura 73. Configuración del Palé.

Las columnas se iluminarán a medida que se vayan llenando de piezas.

B2	D4	A1	C3
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

Figura 74. Llenado de columnas

Para poner en marcha el robot, es necesario pulsar en el botón de RUN. Si no se pulsa, el proceso no comenzará a ejecutarse.

El botón de reset se debe pulsar una vez se haya completado un palé y las piezas hayan sido retiradas.

Los botones de paro tienen 2 funciones. El botón de paro, hace un paro al finalizar el ciclo, es decir, se espera a que el robot finalice de depositar la pieza que esté en proceso, mientras que el paro de emergencia detiene el proceso al instante.



Figura 75. Botones del equipo

Como objetos meramente visuales, en esta pantalla se encuentran dos pilotos que indican si el robot se está moviendo o la pieza leída es incorrecta. A parte, también se puede visualizar cual ha sido la última pieza leída.



Figura 76. Indicadores y última pieza

Pulsando sobre Logout, se vuelve a la pantalla principal. Pulsando sobre Ajustes se accede a la siguiente pantalla.



Figura 77. Indicadores de comunicación Profinet entre IRB120 y PLC

En la pantalla se pueden comprobar si las señales entre el robot y el PLC de la instalación están o no activas y también permite verificar que las comunicaciones entre los dos equipos son las correctas.

Pulsando sobre el botón de gestión de usuario, aparecerá la pantalla que permite gestionar y modificar los usuarios que haya introducidos en el sistema.

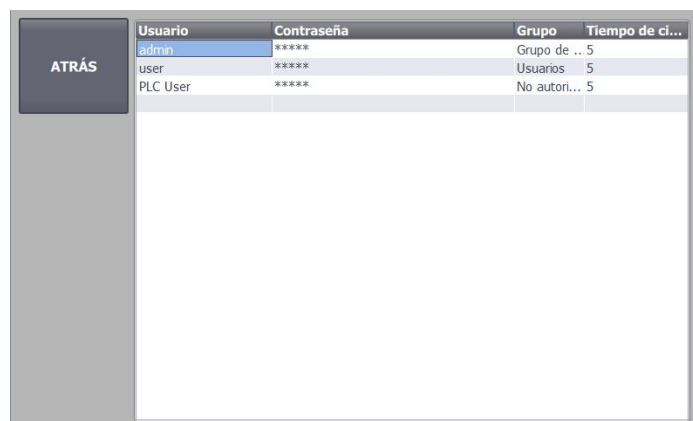


Figura 78. Modificación de usuarios

A3. Configuración del sistema de visión artificial

1 - Configuración IP en PC

El primer paso es configurar la IP del ordenador. Para ello se accede a las conexiones de red y se pulsa en el botón derecho del ratón en la conexión de área local correspondiente.

Posteriormente se hace clic en propiedades. En la ventana que se abre seleccionar TCP/IPv4 y hacer clic en propiedades de nuevo. Por último, configurar la IP y la máscara de subred correspondiente (dentro de la red 192.168.0.n y dentro de la red 192.168.250.n).

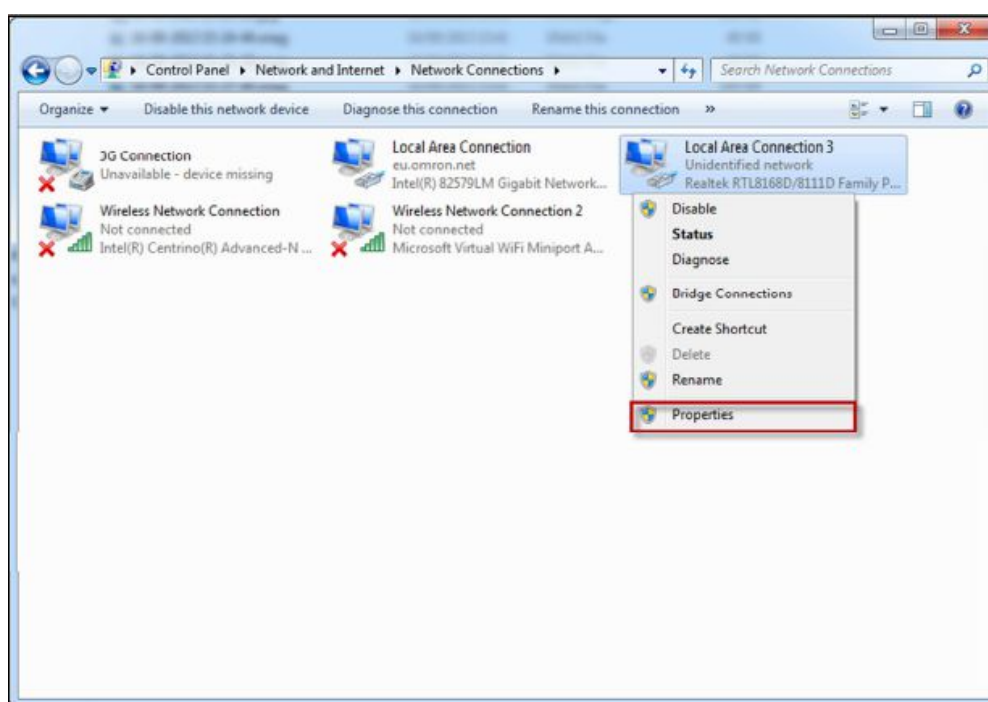


Figura 79. Conexiones de red

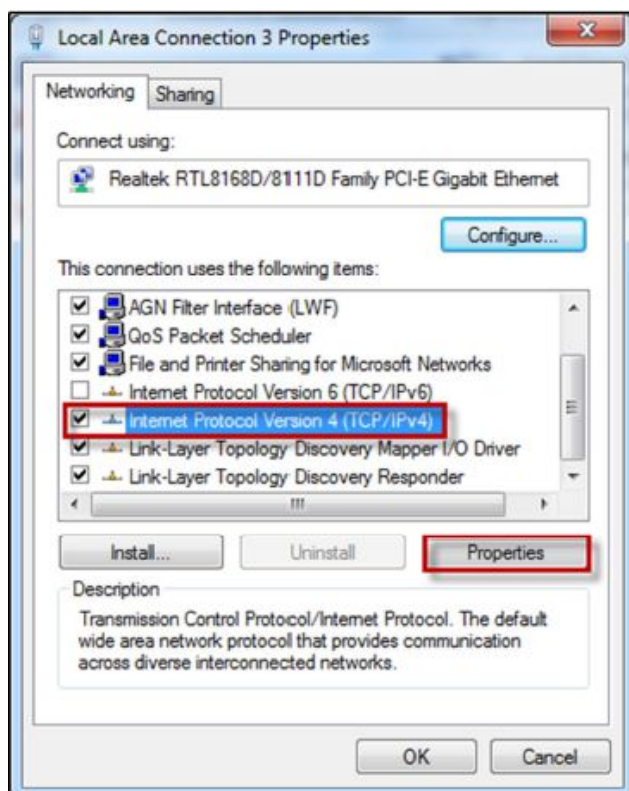


Figura 80. Conexión de Área Local

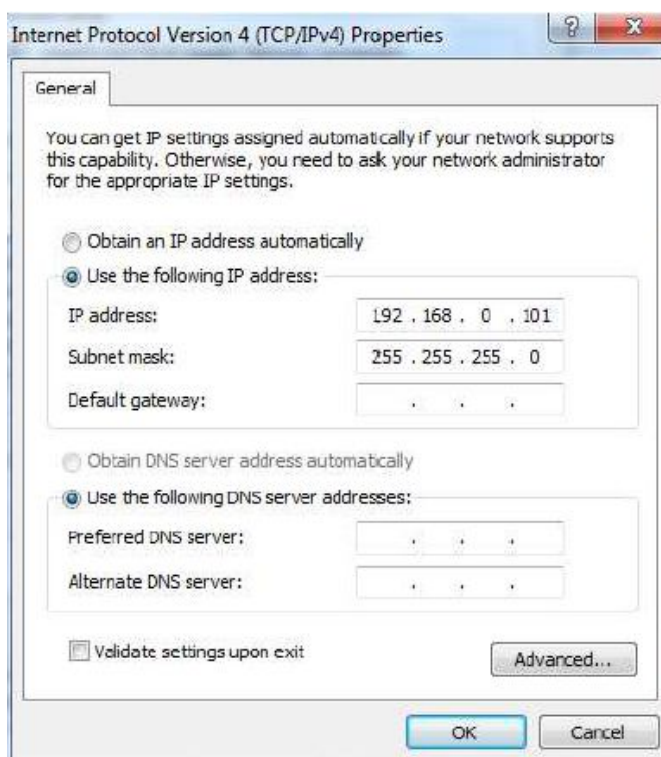


Figura 81. Propiedades conexión TCP/IPv4

2 - Configuración Sensor de Visión FQ2:


En modo Setup, pulsar sobre el icono  y seleccionar la opción "Sensor Settings" para entrar en los ajustes del sensor y configurar la dirección IP del mismo:



Figura 82. Configuración de la dirección IP del sensor (1)

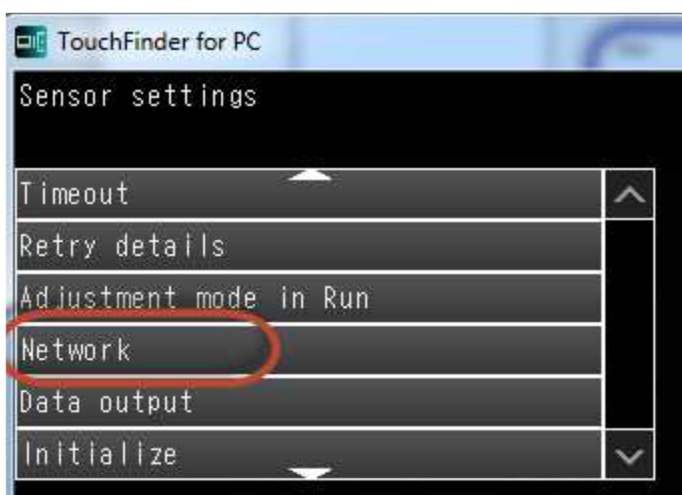


Figura 83. Configuración de la dirección IP del sensor (2)

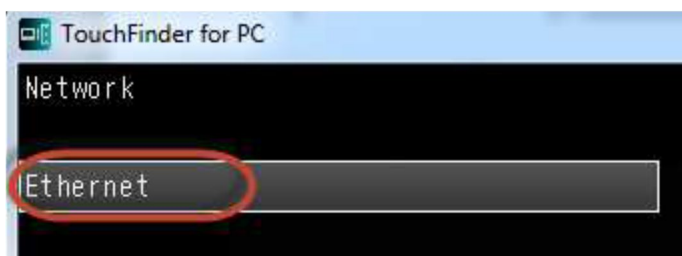


Figura 84. Configuración de la dirección IP del sensor (3)

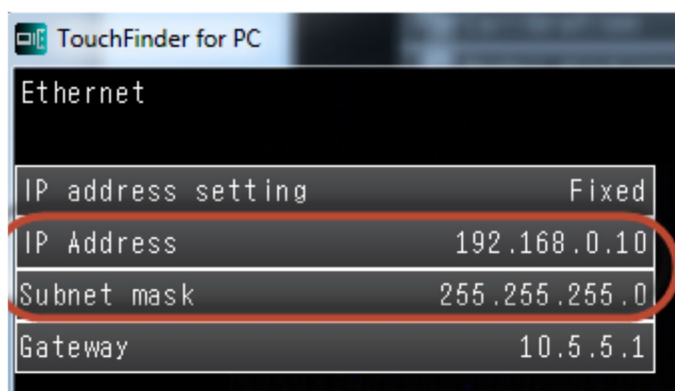


Figura 85. Configuración de la dirección IP del sensor (4)

Una vez configurada la dirección IP, configurar los datos a compartir entre el sensor de visión FQ2 y el PLC Siemens S71200. Para ello seleccionar la opción "Data Output" dentro del menú "Sensor Settings":

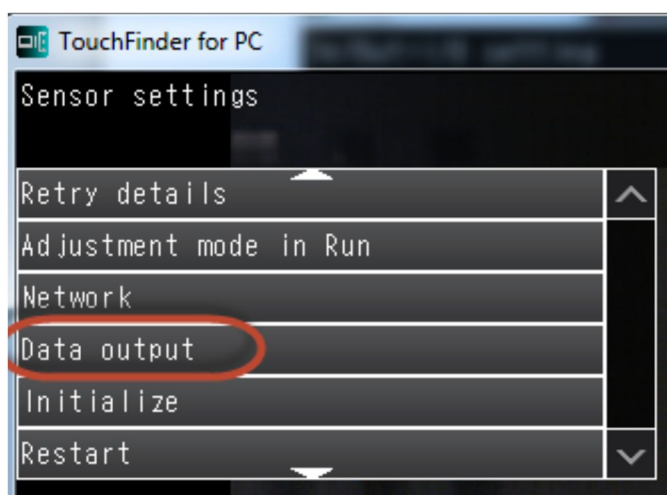


Figura 86. Opción Data Output

Al ser Profinet un bus de campo, seleccionar la opción "Fieldbus data output".

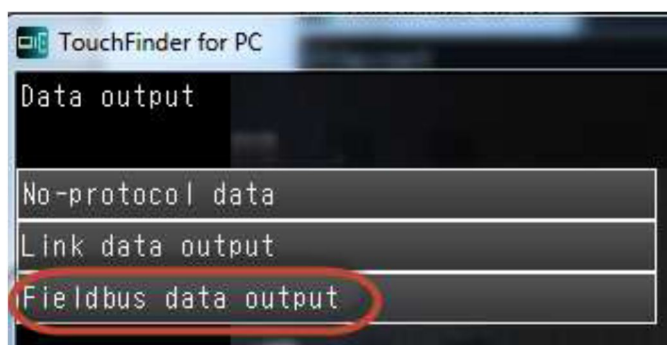


Figura 87. Opción Fieldbus data output

Elegir como tipo de comunicación "Profinet" y el número de bytes de datos de salida a compartir con el PLC:

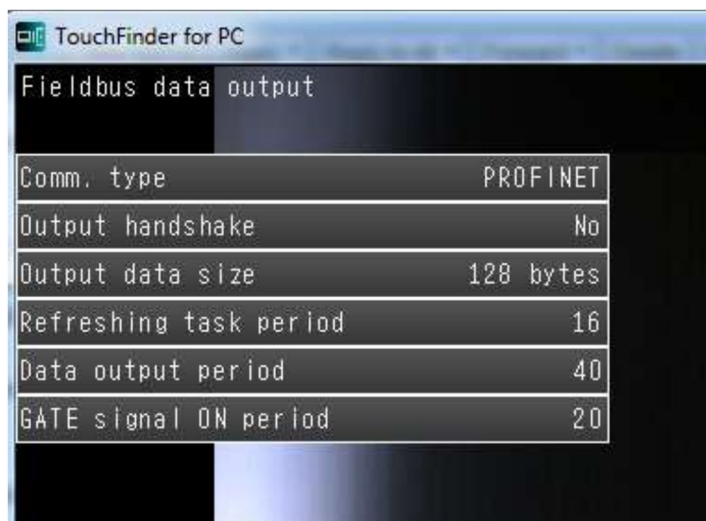


Figura 88. Configuración red Profinet y nº bytes a compartir (1)

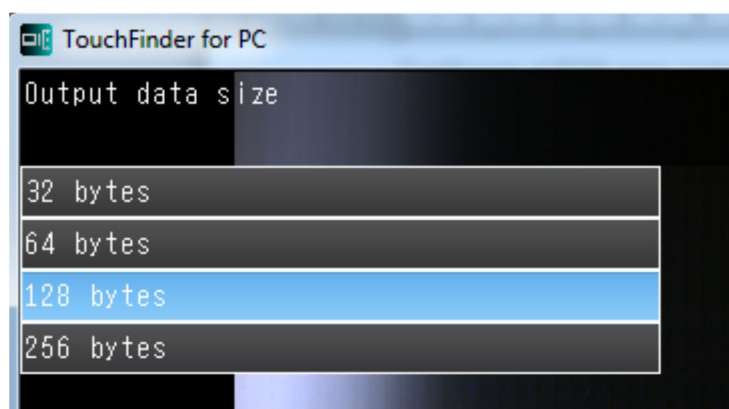


Figura 89. Configuración red Profinet y nº bytes a compartir (2)

Configurar el sensor de visión FQ2 en modo Setup con los métodos de medida adecuados para solventar la aplicación. Además, configurar de la siguiente forma los datos a enviar a través de la red Profinet:

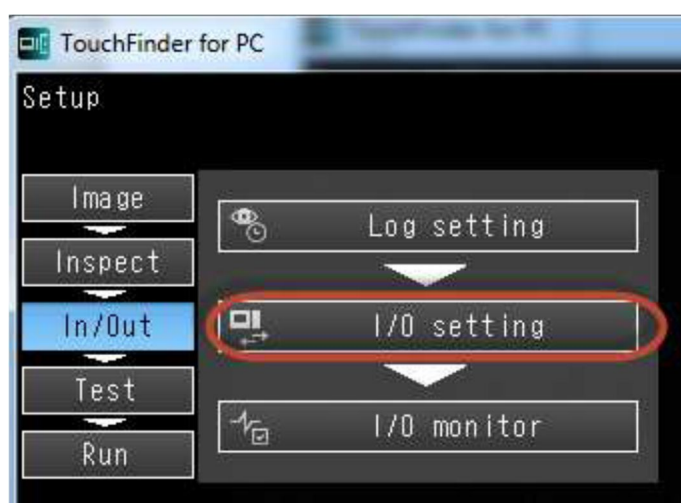


Figura 90. Configurar los datos a enviar (1)

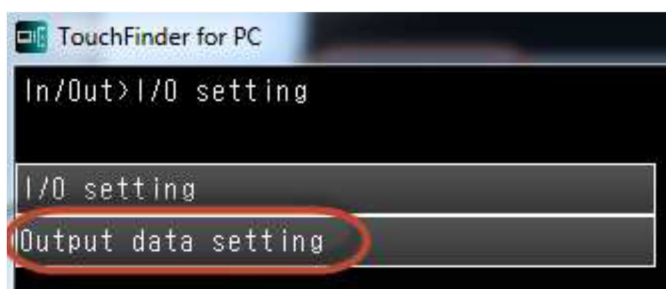


Figura 91. Configurar los datos a enviar (2)

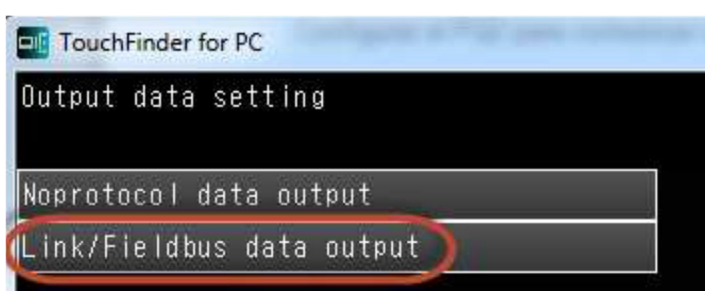


Figura 92. Configuración de datos a enviar (1)

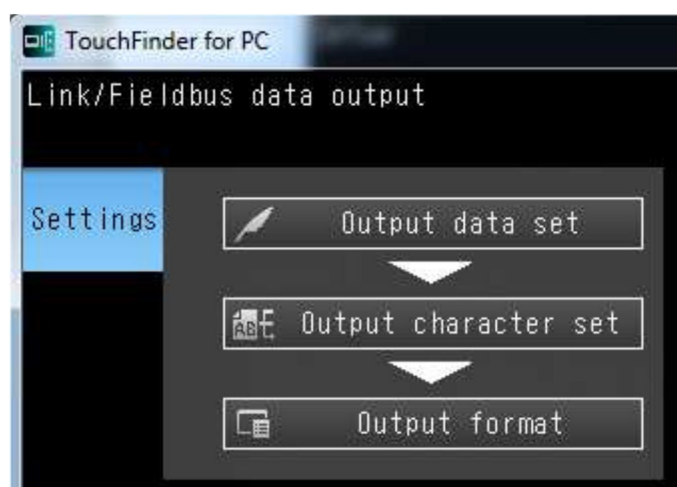
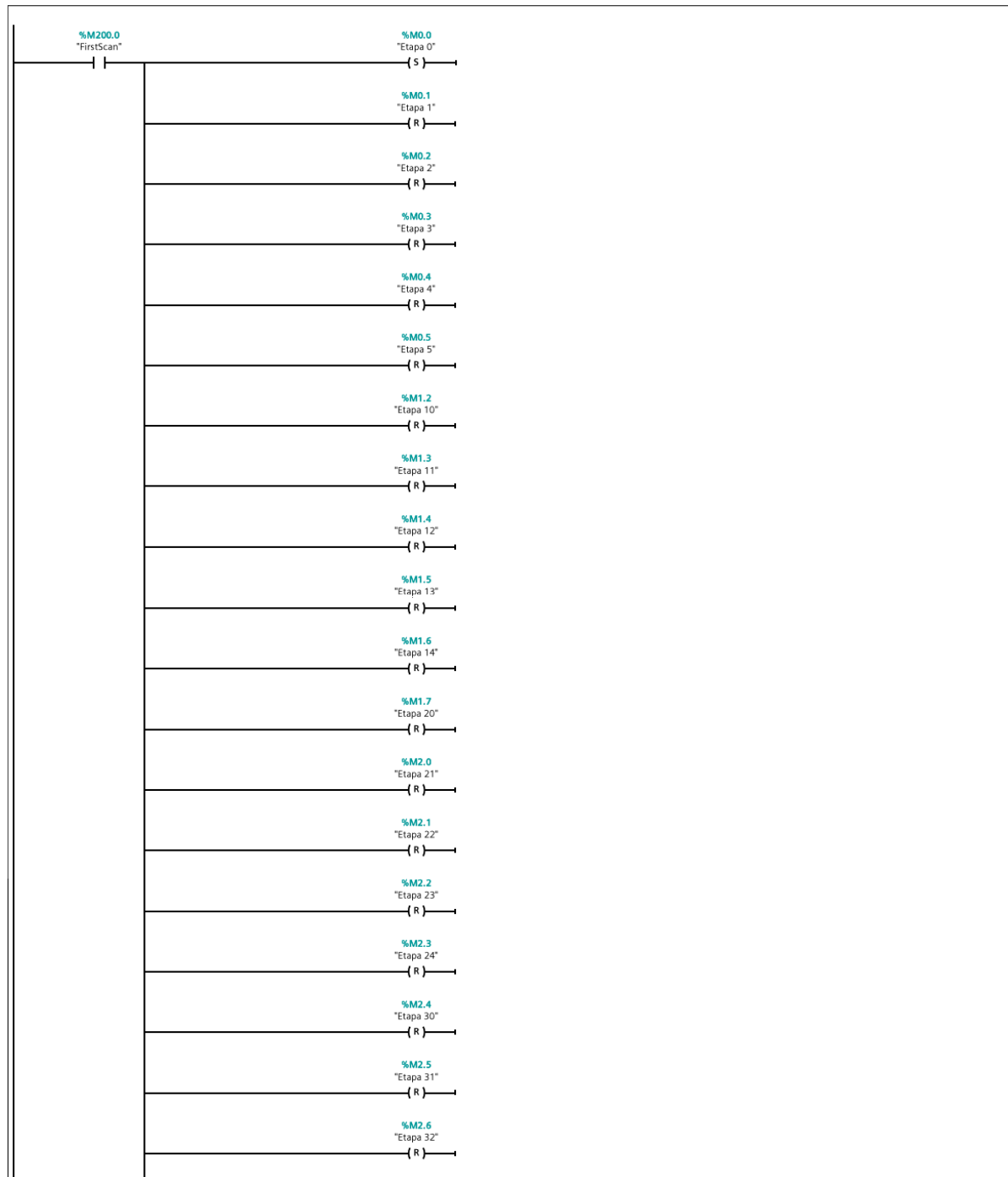


Figura 93. Configuración de los datos a enviar (2)

Annex B

B1. Programa PLC

INICIACIÓN



%M2.7
"Etapa 33"

{ R }

%M3.0
"Etapa 34"

{ R }

%M3.1
"Etapa 40"

{ R }

%M3.2
"Etapa 41"

{ R }

%M3.3
"Etapa 42"

{ R }

%M3.4
"Etapa 43"

{ R }

%M3.5
"Etapa 44"

{ R }

%M3.6
"Etapa 50"

{ R }

%M4.4
"Etapa 100"

{ R }

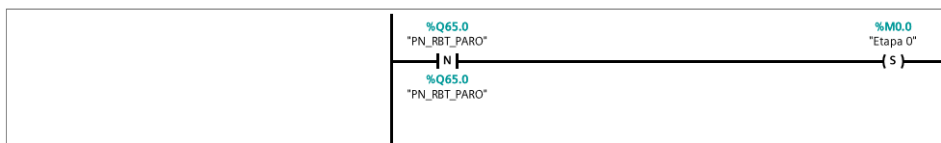
%M4.6
"Etapa 101"

{ R }

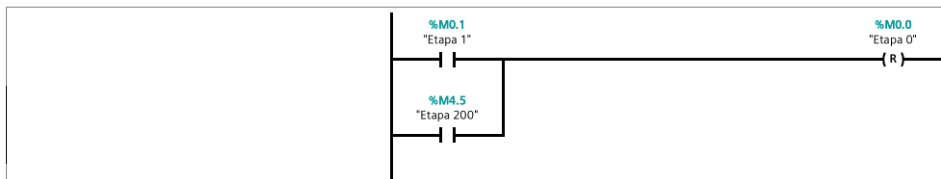
%M4.5
"Etapa 200"

Condiciones

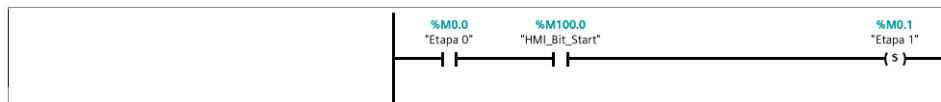
Segmento 1: Activación ETAPA 0



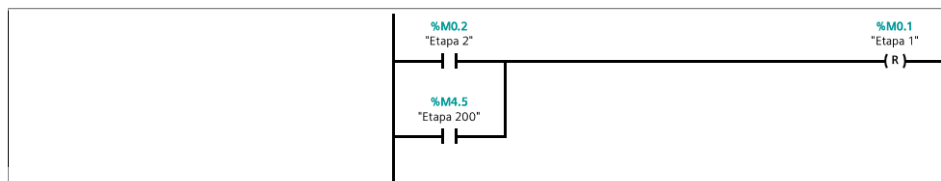
Segmento 2: Desactivación ETAPA 0



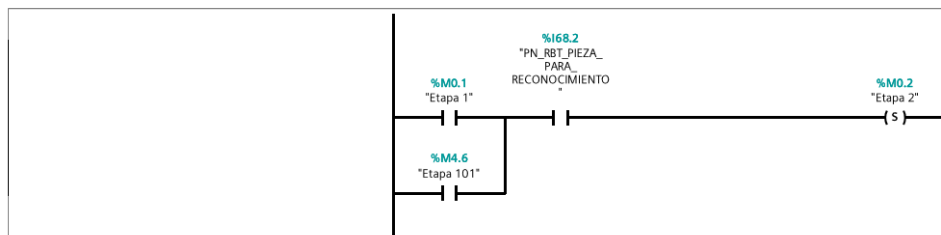
Segmento 3: Activación ETAPA 1



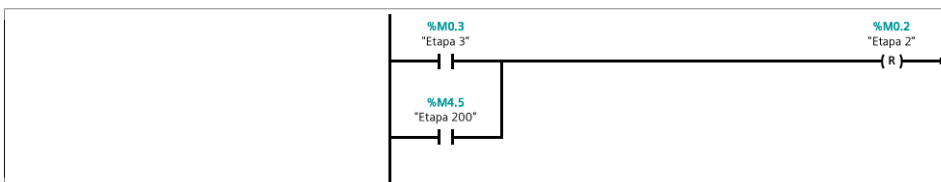
Segmento 4: Desactivación ETAPA 1



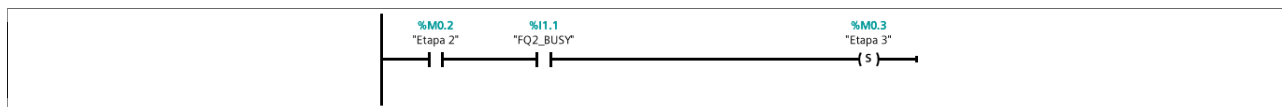
Segmento 5: Activación ETAPA 2



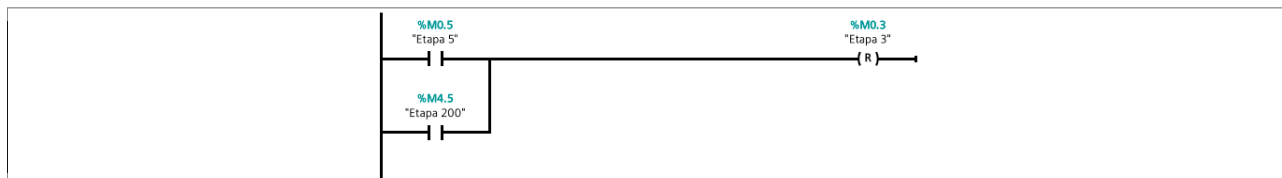
Segmento 6: Desactivación ETAPA 2



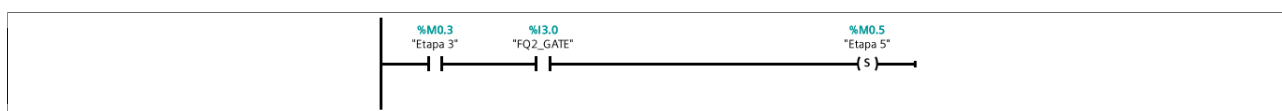
Segmento 7: Activación ETAPA 3



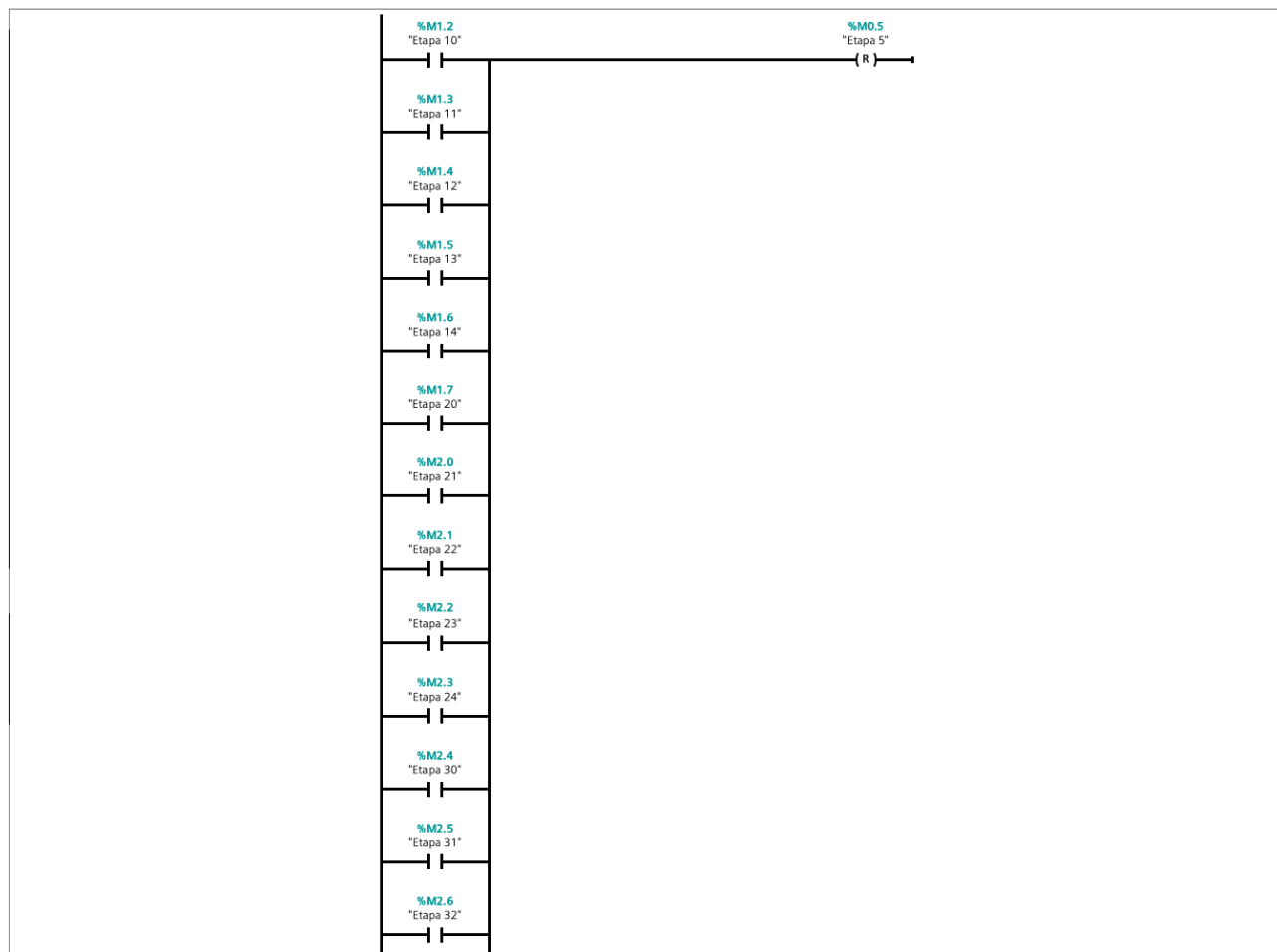
Segmento 8: Desactivación ETAPA 3

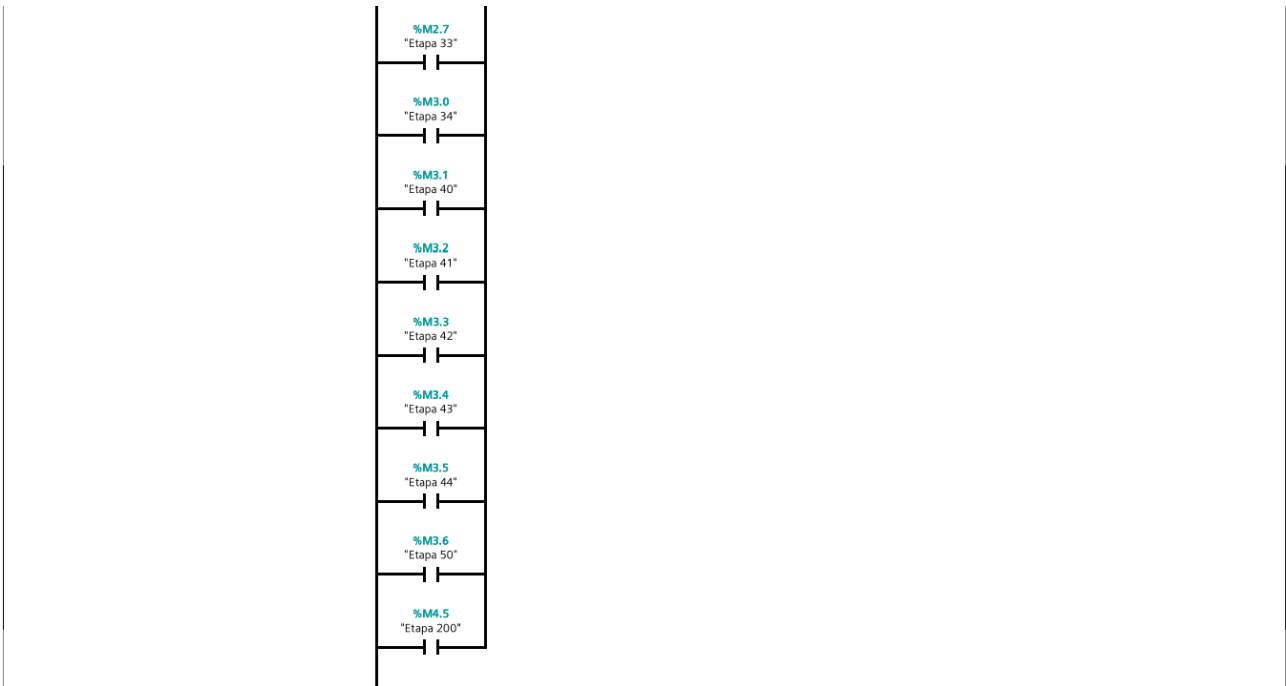


Segmento 9: Activación ETAPA 5

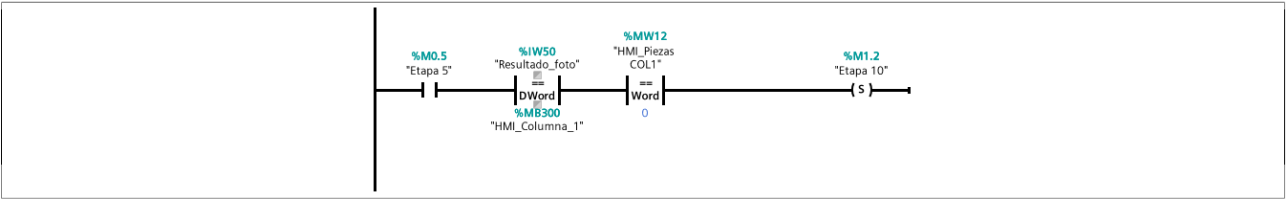


Segmento 10: Desactivación ETAPA 5





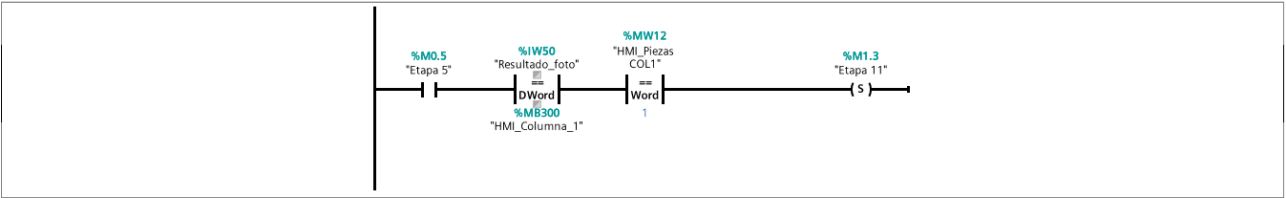
Segmento 11: Activación ETAPA 10



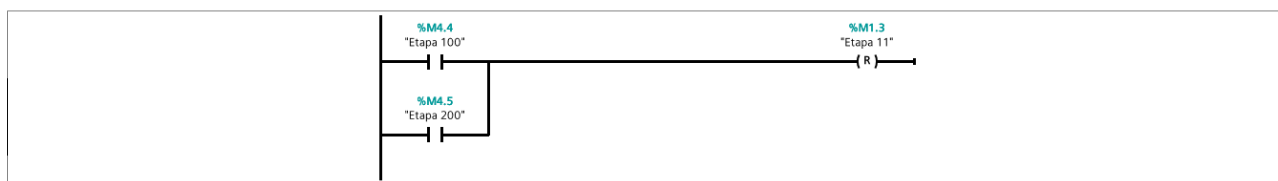
Segmento 12: Desactivación ETAPA 10



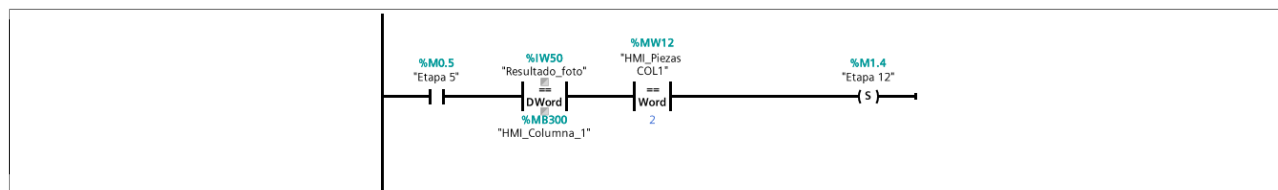
Segmento 13: Activación ETAPA 11



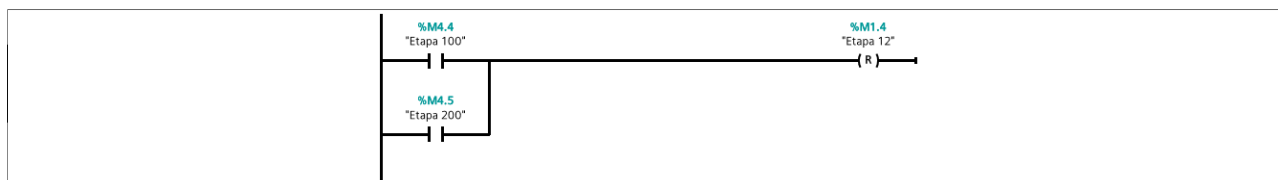
Segmento 14: Desactivación ETAPA 11



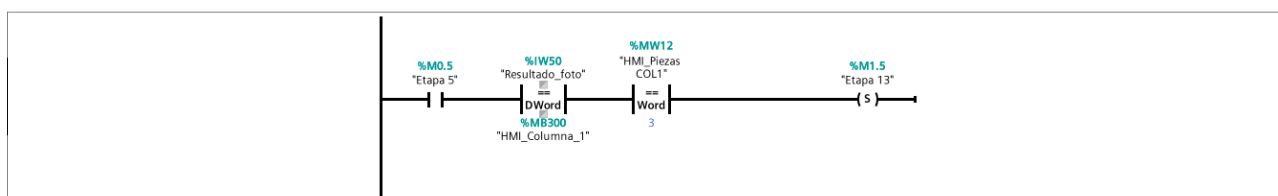
Segmento 15: Activación ETAPA 12



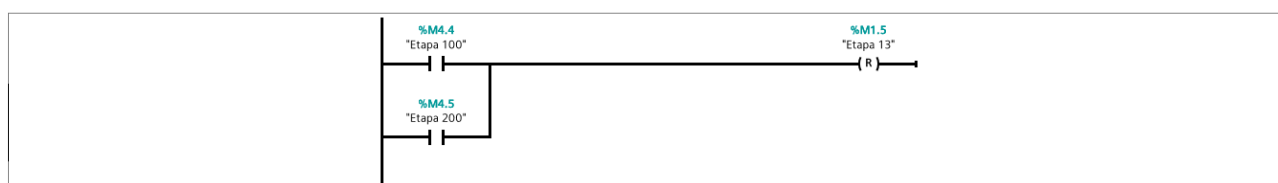
Segmento 16: Desactivación ETAPA 12



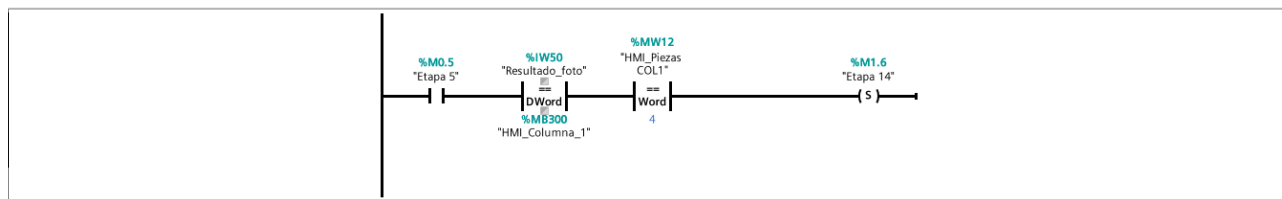
Segmento 17: Activación ETAPA 13



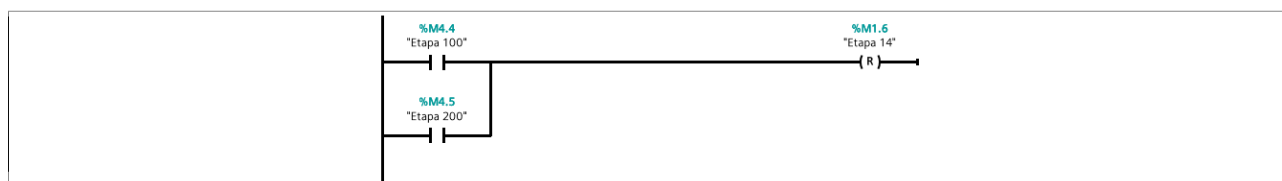
Segmento 18: Desactivación ETAPA 13



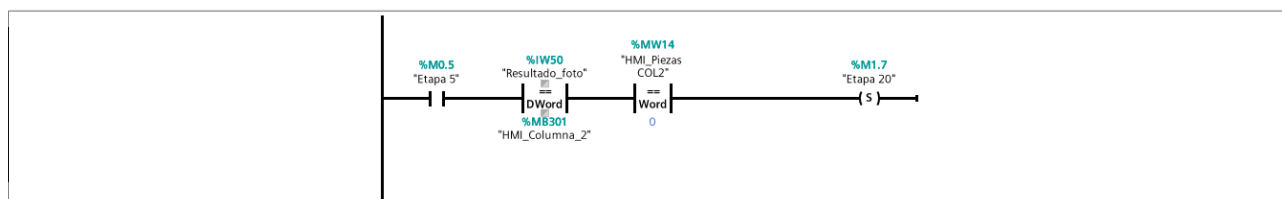
Segmento 19: Activación ETAPA 14



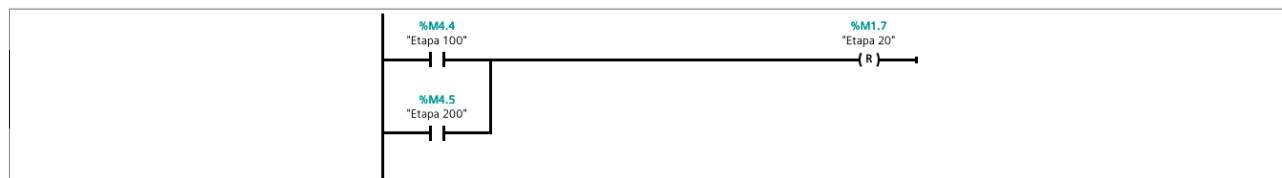
Segmento 20: Desactivación Etapa 14



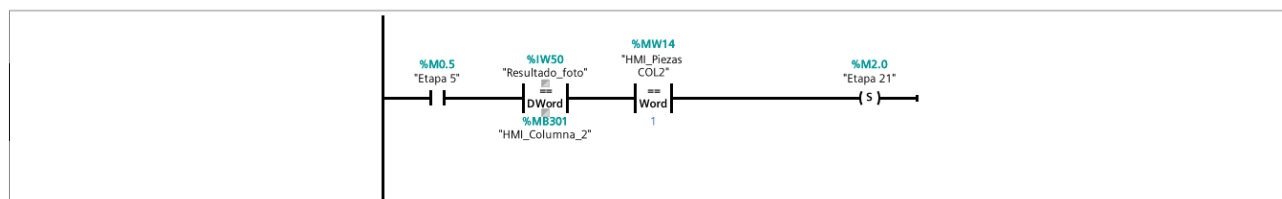
Segmento 21: Activación ETAPA 20



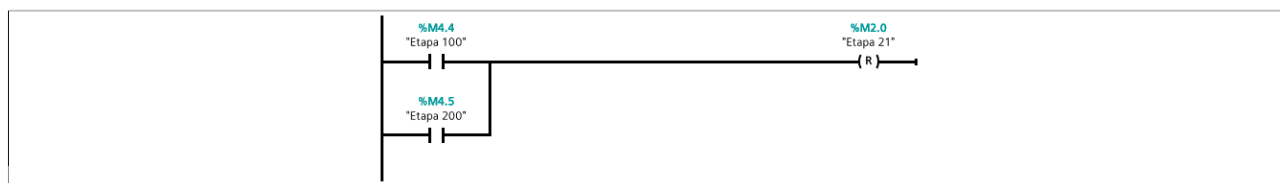
Segmento 22: Desactivación ETAPA 20



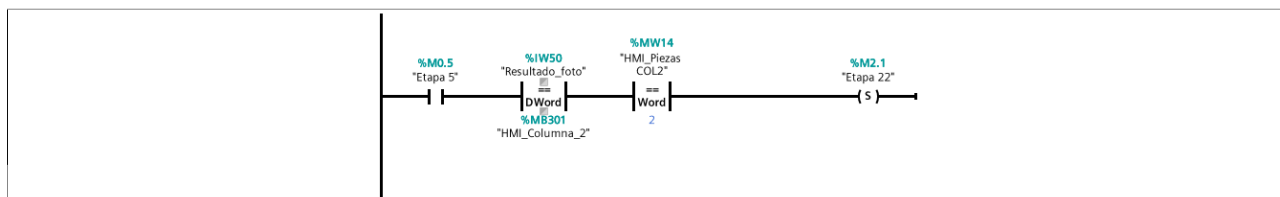
Segmento 23: Activación ETAPA 21



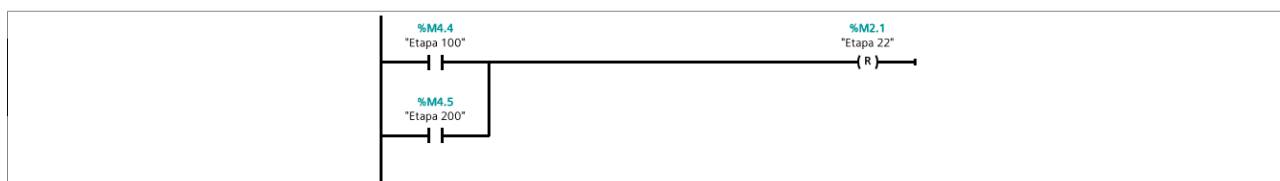
Segmento 24: Desactivación ETAPA 21



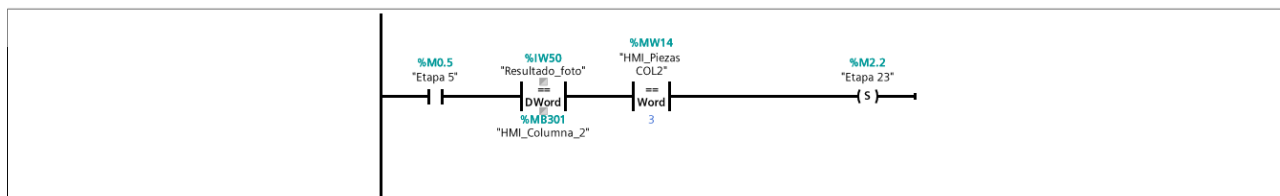
Segmento 25: Activación ETAPA 22



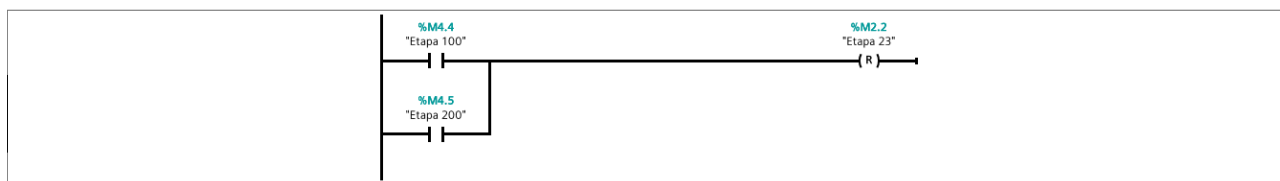
Segmento 26: Desactivación ETAPA 22



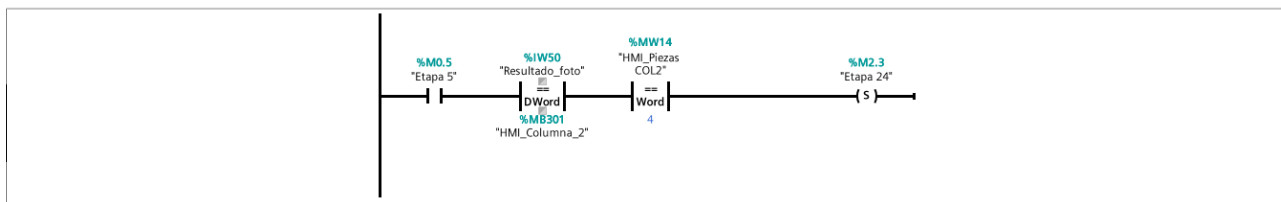
Segmento 27: Activación ETAPA 23



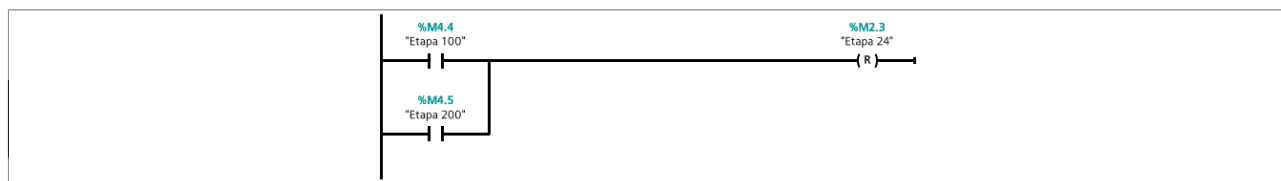
Segmento 28: Desactivación ETAPA 23



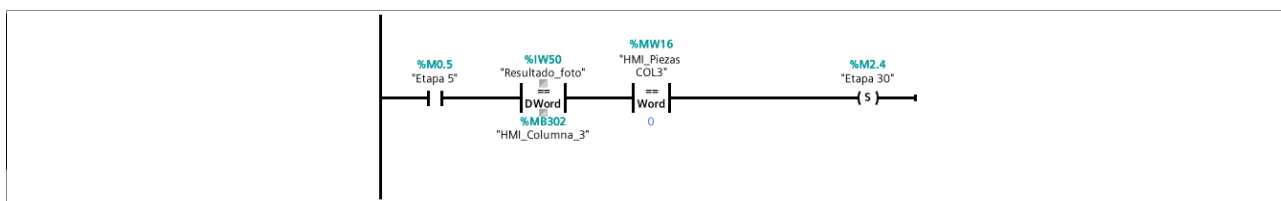
Segmento 29: Activacion ETAPA 24



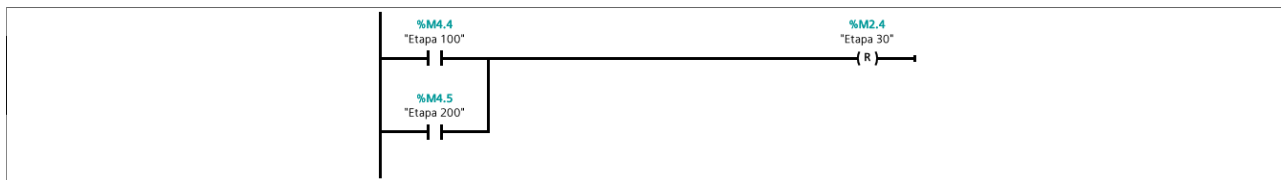
Segmento 30: Desactivación ETAPA 24



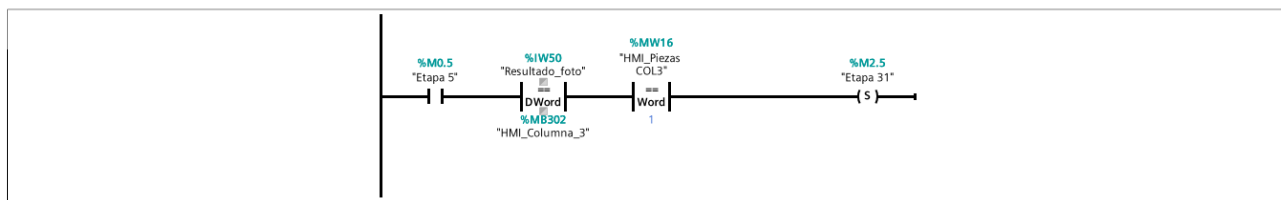
Segmento 31: Activación ETAPA 30



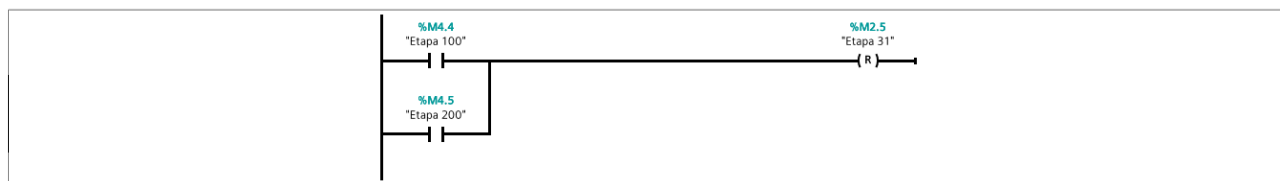
Segmento 32: Desactivación ETAPA 30



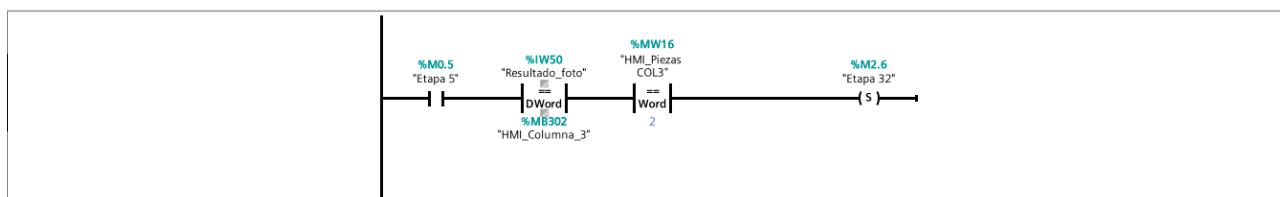
Segmento 33: Activación ETAPA 31



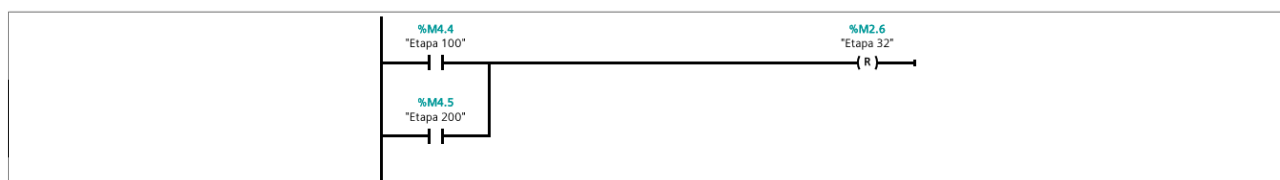
Segmento 34: Desactivación ETAPA 31



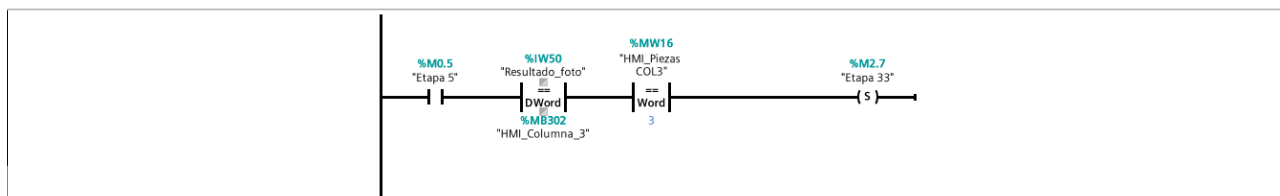
Segmento 35: Activación ETAPA 32



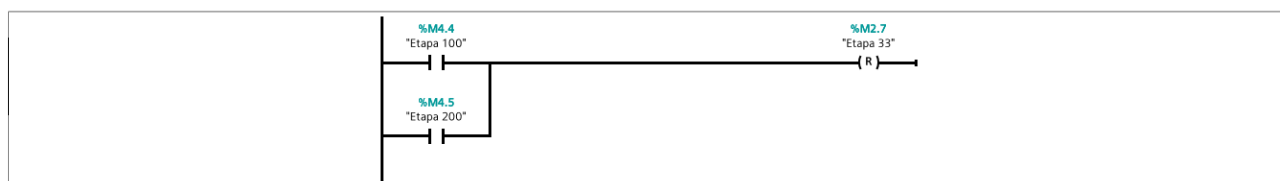
Segmento 36: Desactivación ETAPA 32



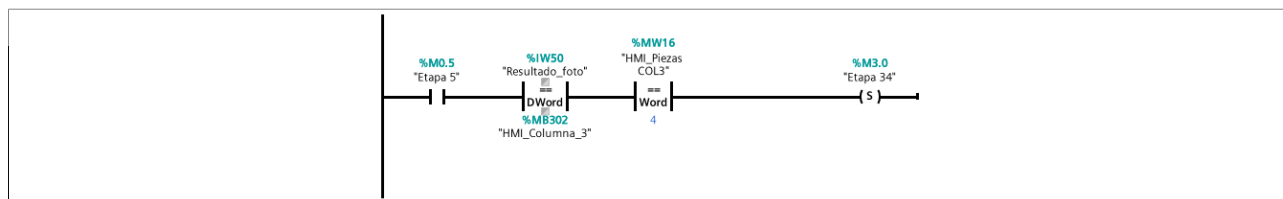
Segmento 37: Activación ETAPA 33



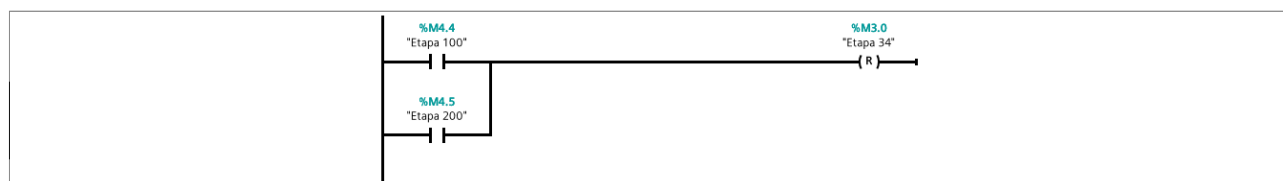
Segmento 38: Desactivación ETAPA 33



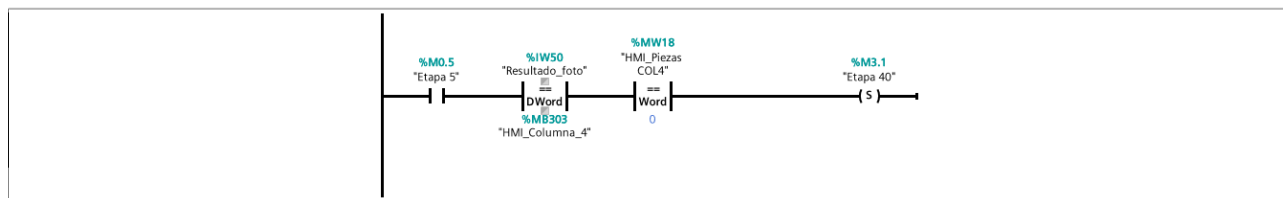
Segmento 39: Activación ETAPA 34



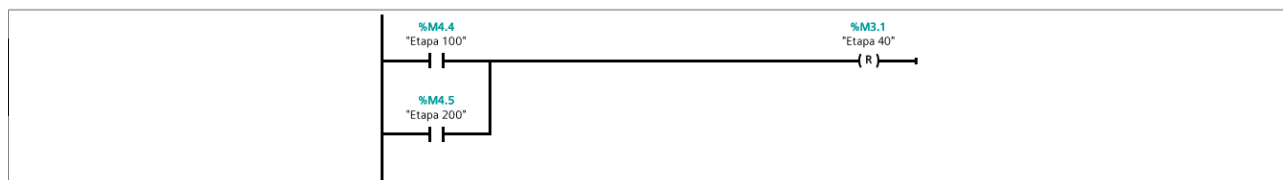
Segmento 40: Desactivación ETAPA 34



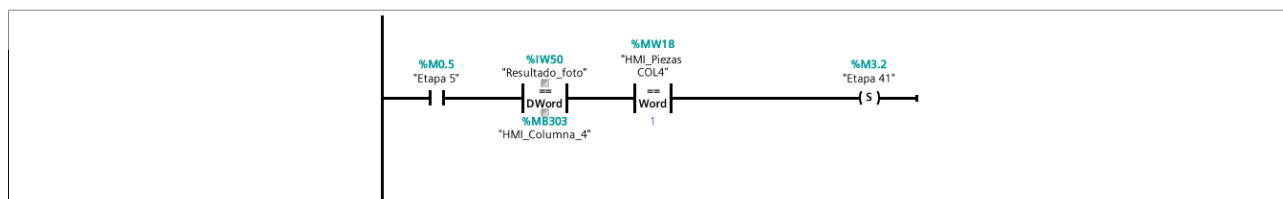
Segmento 41: Activación ETAPA 40



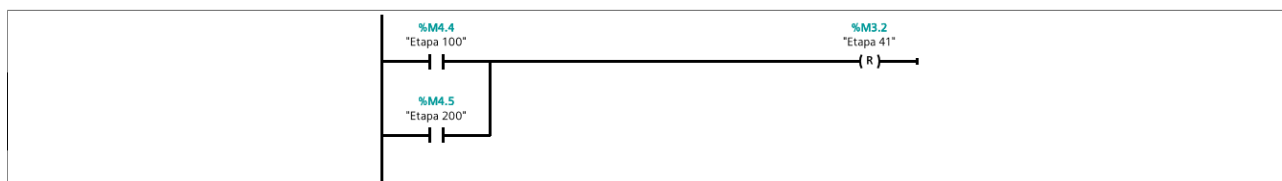
Segmento 42: Desactivación ETAPA 40



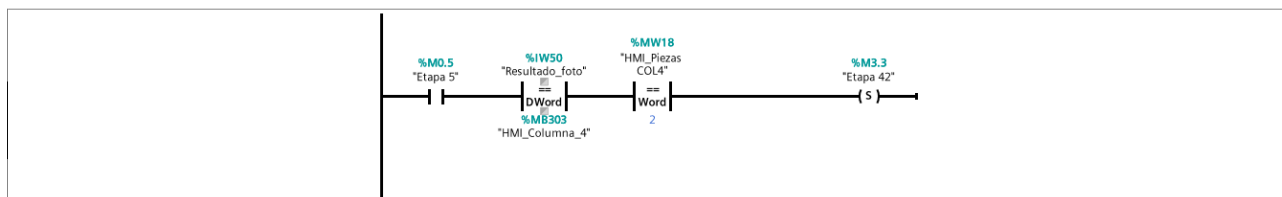
Segmento 43: Activación ETAPA 41



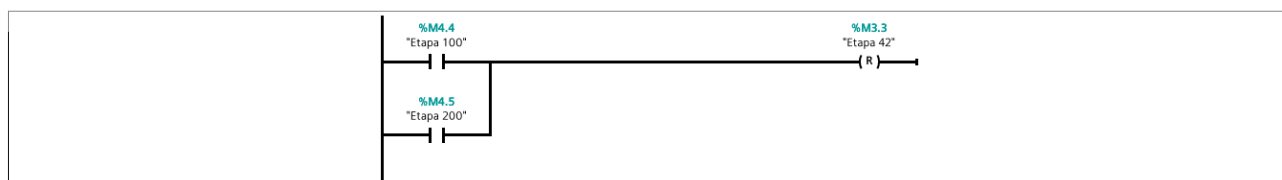
Segmento 44: Desactivación ETAPA 41



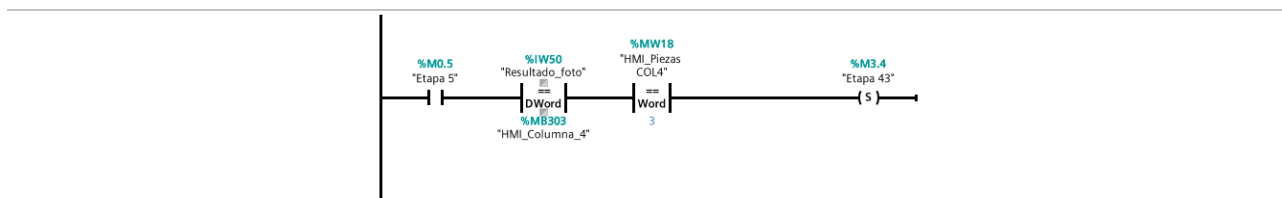
Segmento 45: Activación ETAPA 42



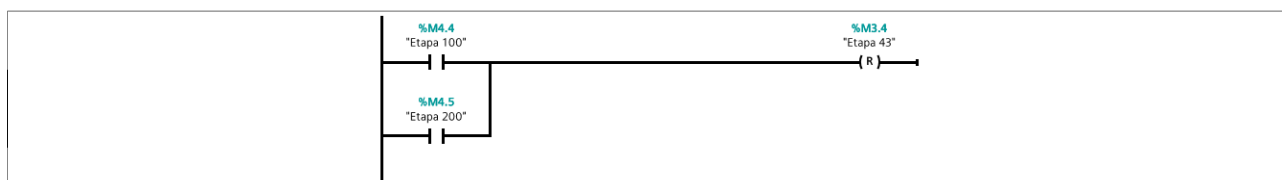
Segmento 46: Desactivación ETAPA 42



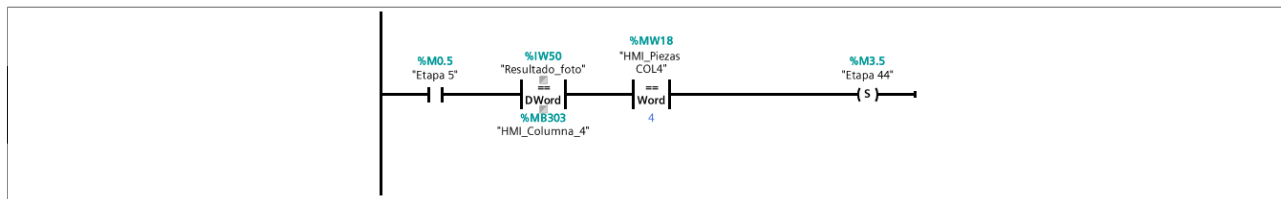
Segmento 47: Activación ETAPA 43



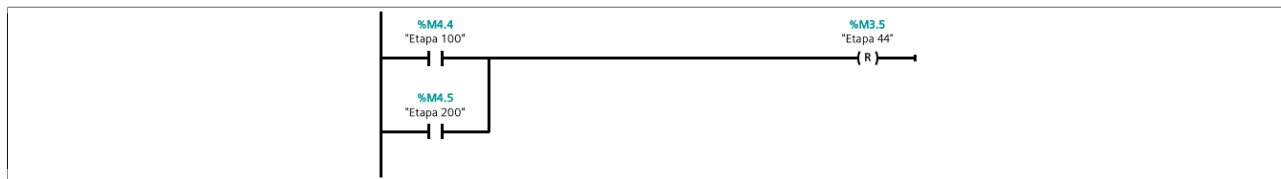
Segmento 48: Desactivación ETAPA 43



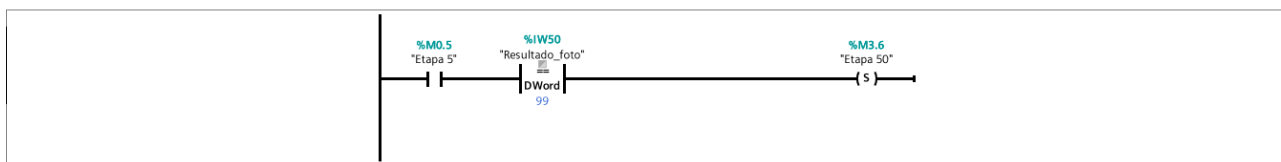
Segmento 49: Activación ETAPA 44



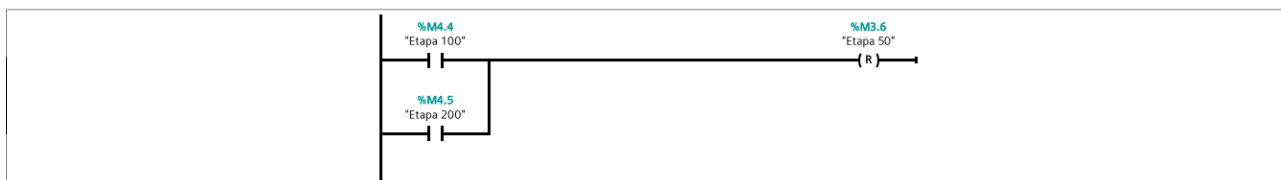
Segmento 50: Desactivación ETAPA 44



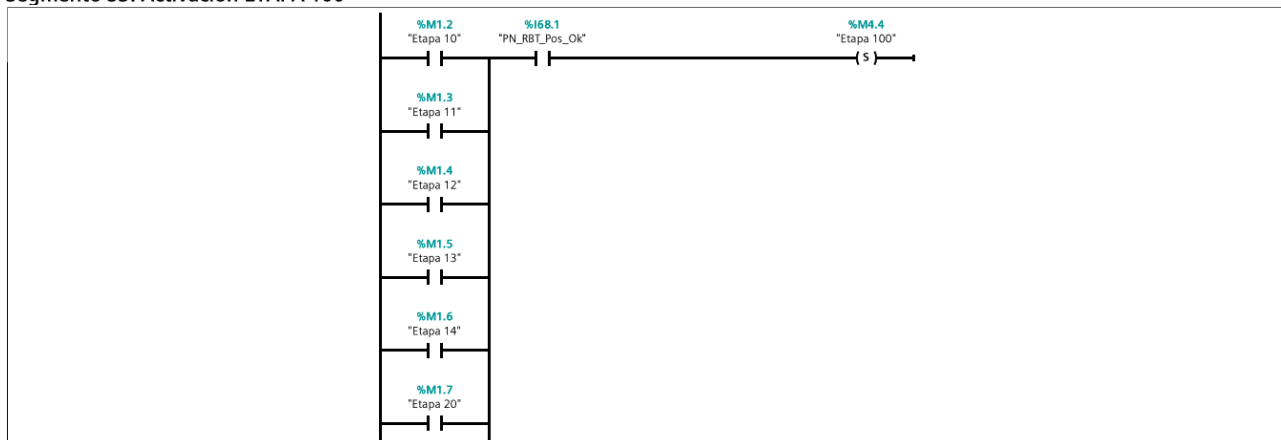
Segmento 51: Activación ETAPA 50



Segmento 52: Desactivación ETAPA 50

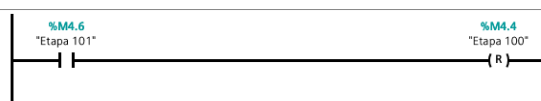


Segmento 53: Activación ETAPA 100

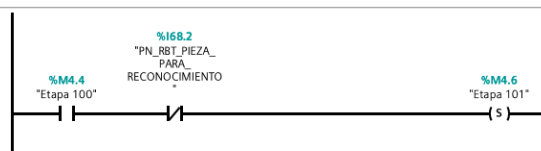




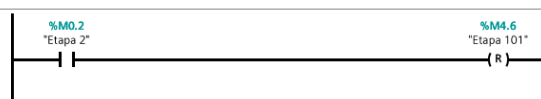
Segmento 54: Desactivación ETAPA 100



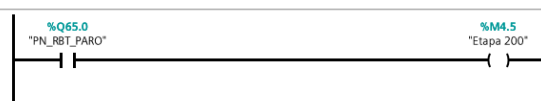
Segmento 55: Activación ETAPA 101



Segmento 56: Desactivación ETAPA 101

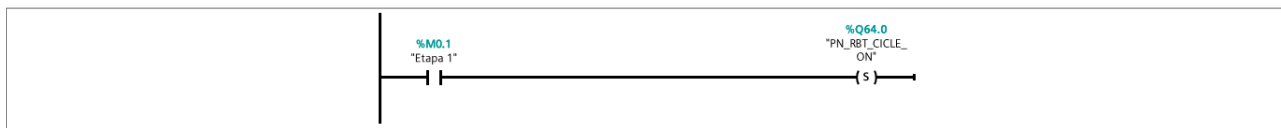


Segmento 57: Activación ETAPA 200 [PULSADOR DE PARO]

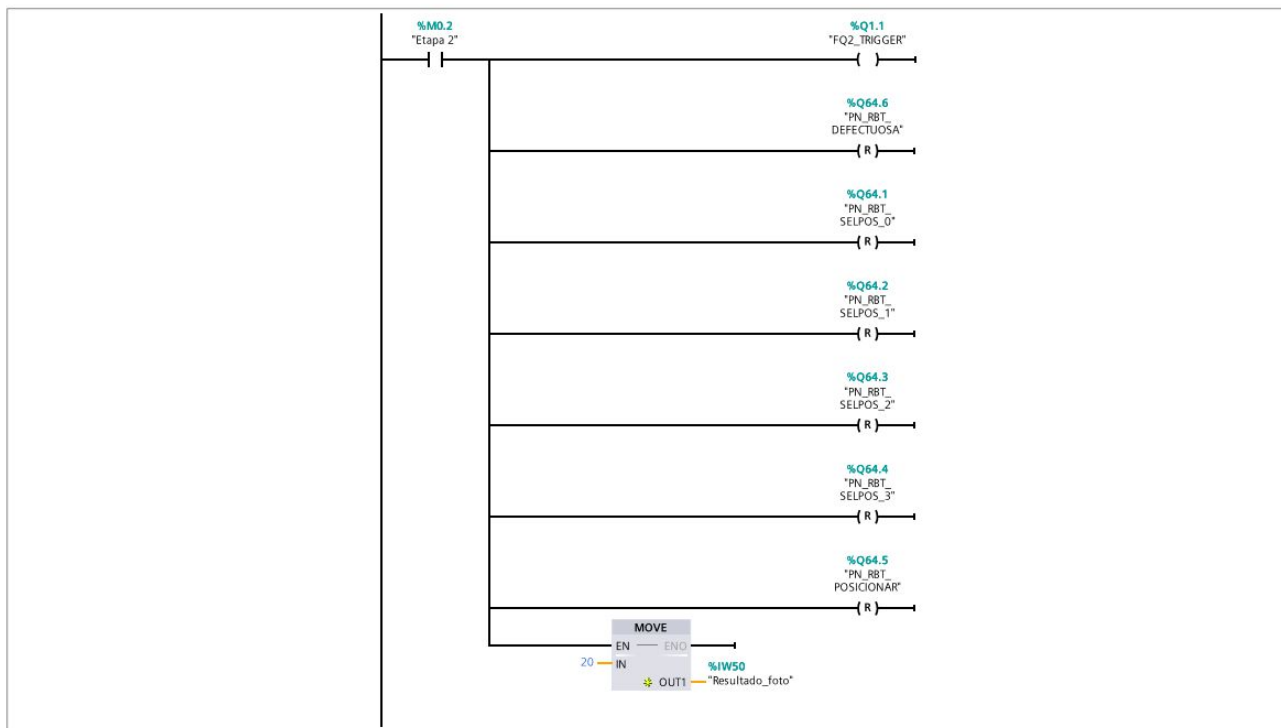


Acciones

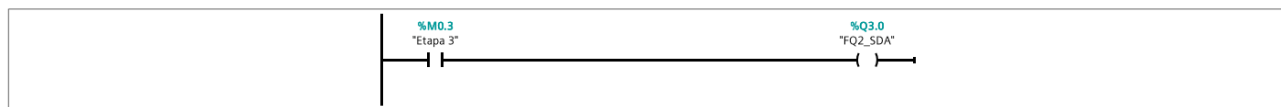
Segmento 1: ETAPA 1



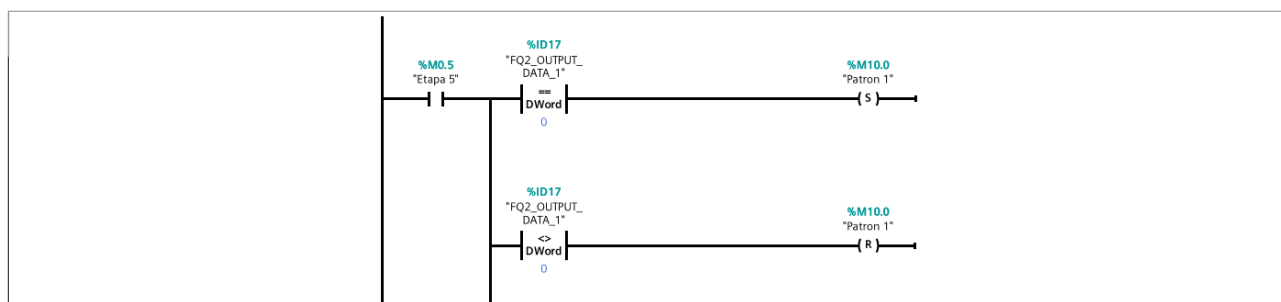
Segmento 2: ETAPA 2

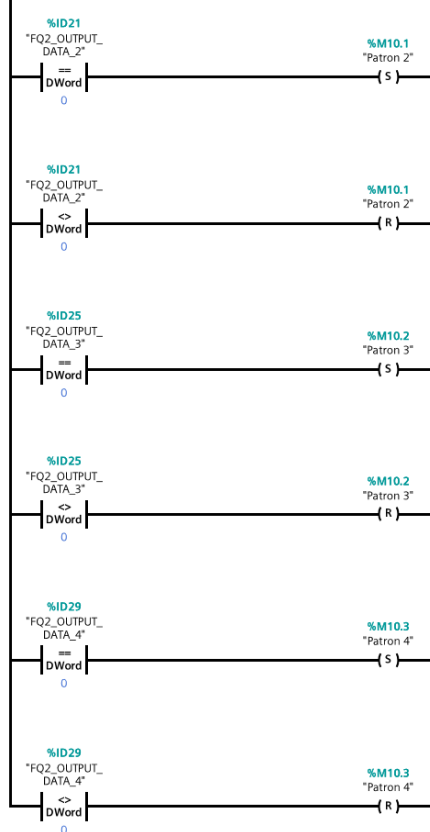


Segmento 3: ETAPA 3

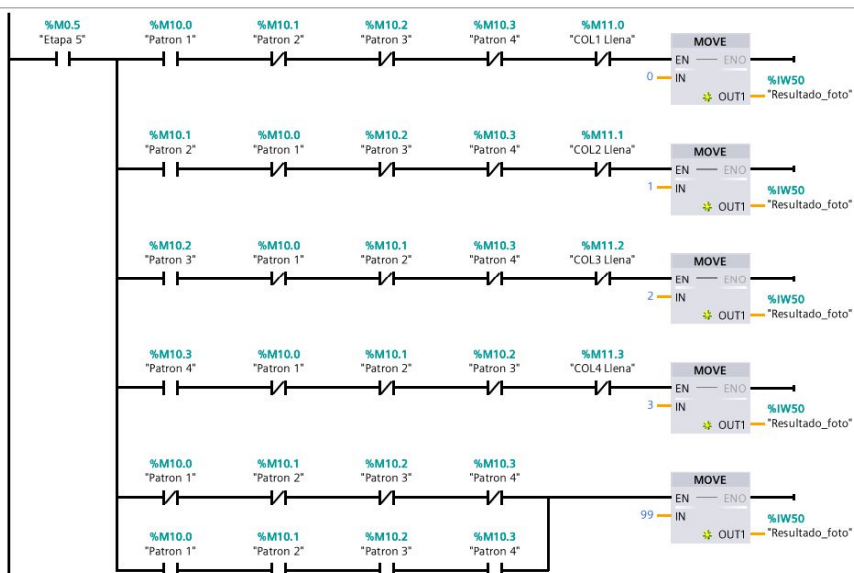


Segmento 4: ETAPA 4

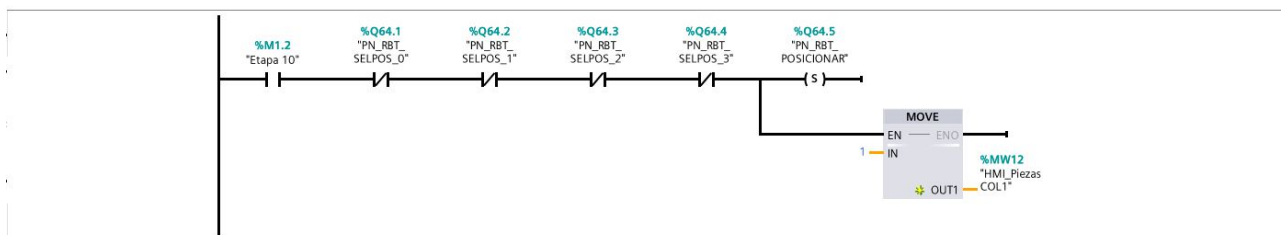




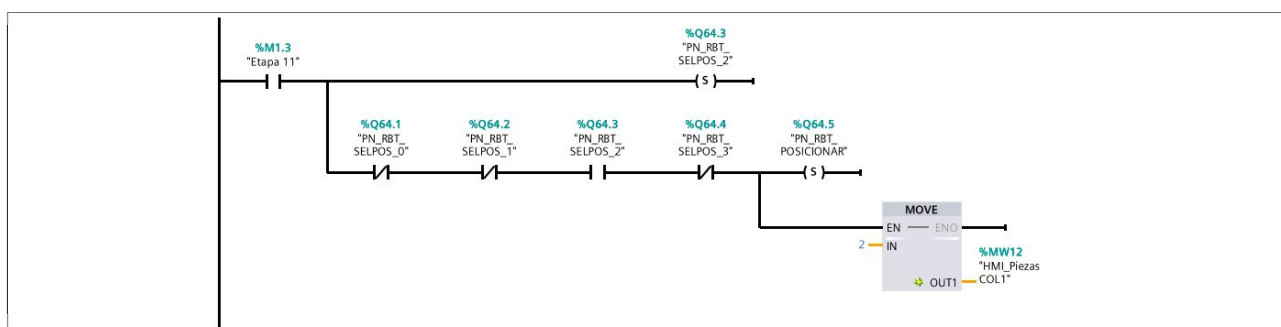
Segmento 5: ETAPA 5



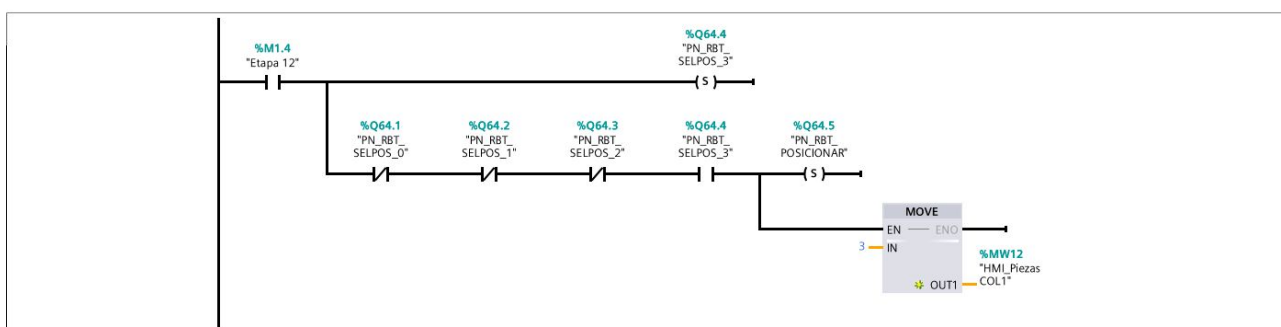
Segmento 6: ETAPA 10



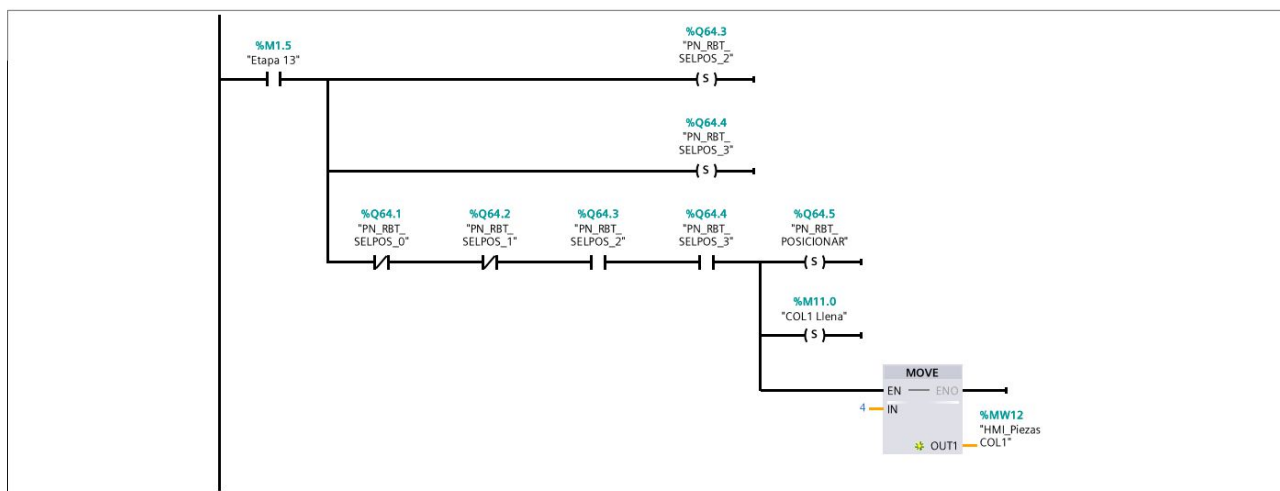
Segmento 7: ETAPA 11



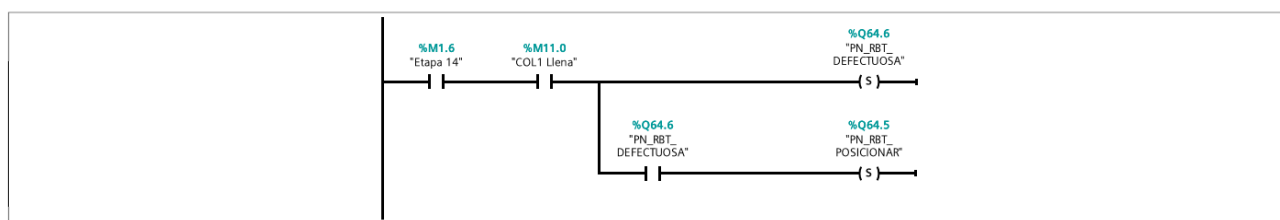
Segmento 8: ETAPA 12



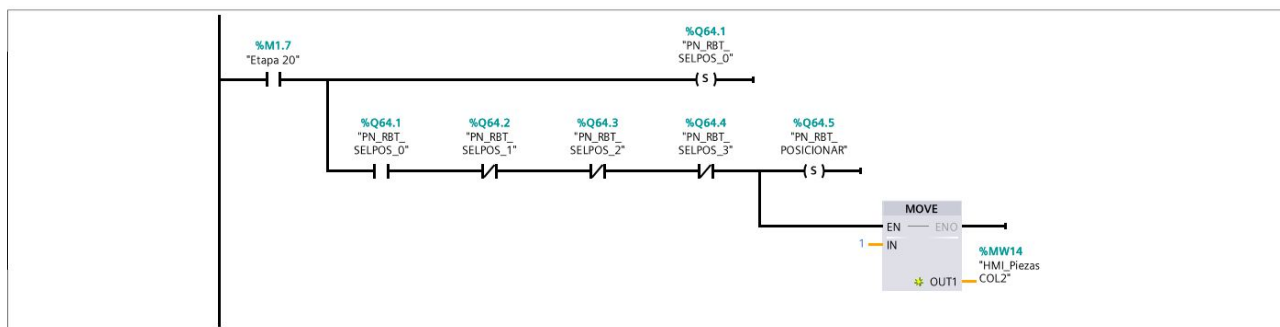
Segmento 9: ETAPA 13



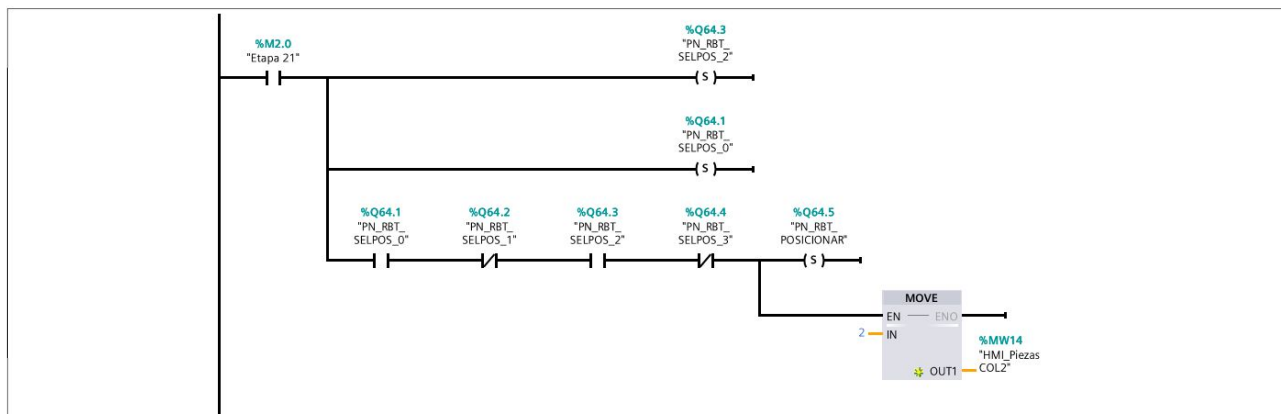
Segmento 10: ETAPA 14



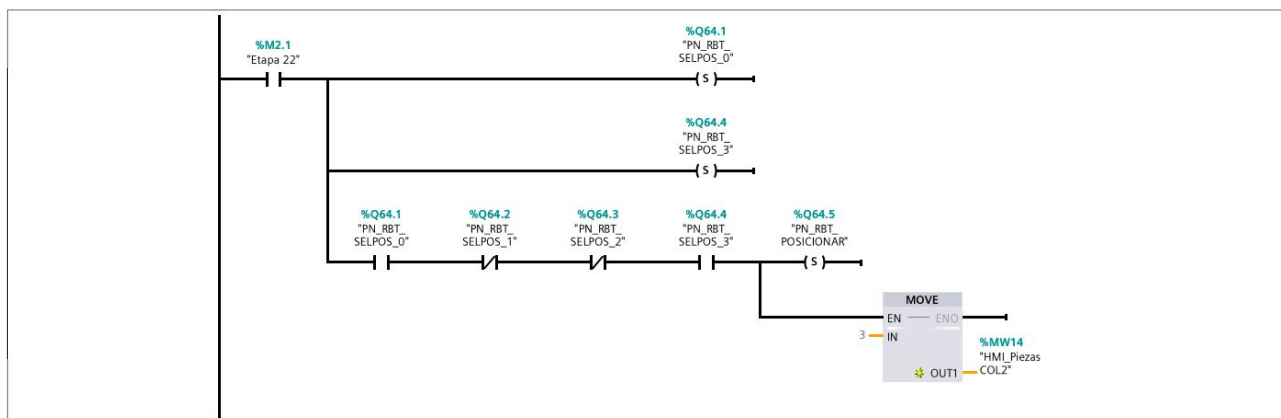
Segmento 11: ETAPA 20



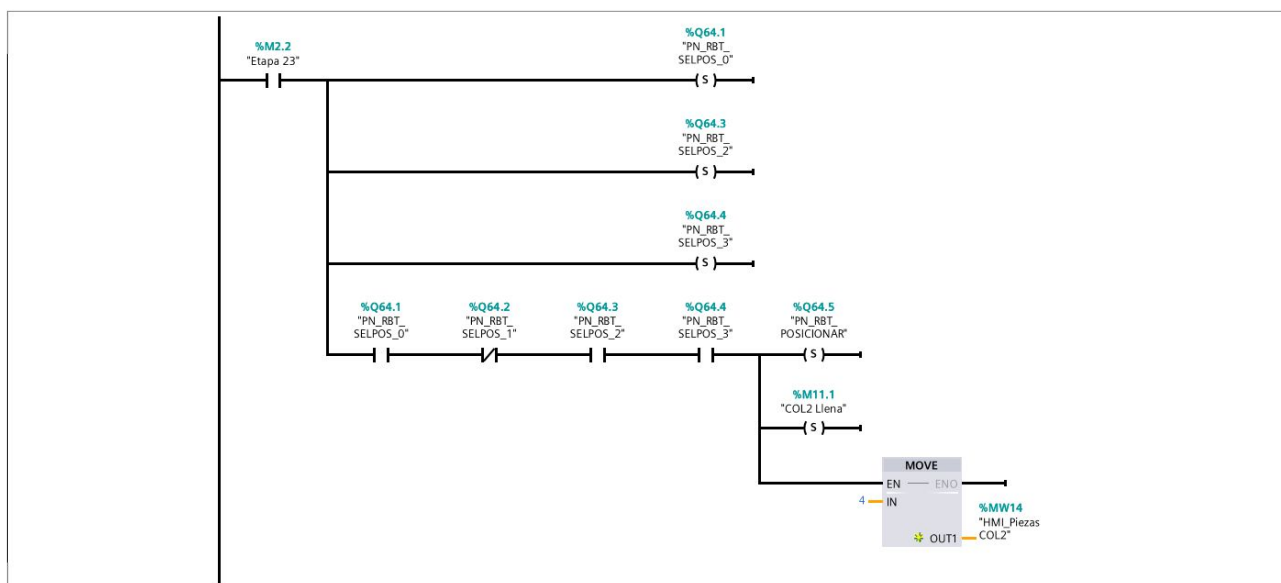
Segmento 12: ETAPA 21



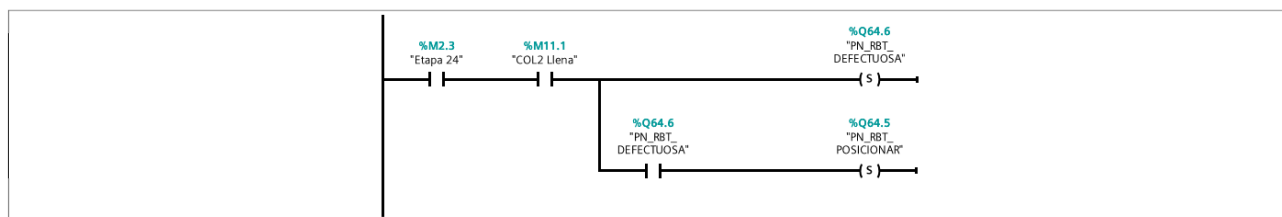
Segmento 13: ETAPA 22



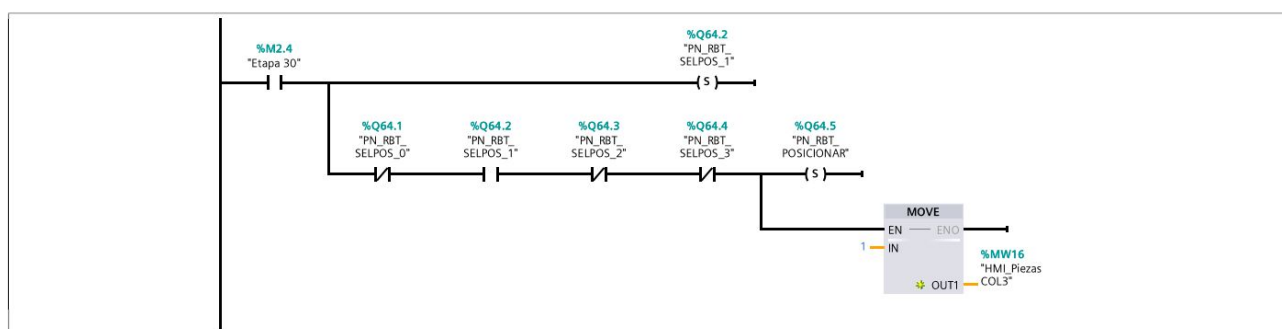
Segmento 14: ETAPA 23



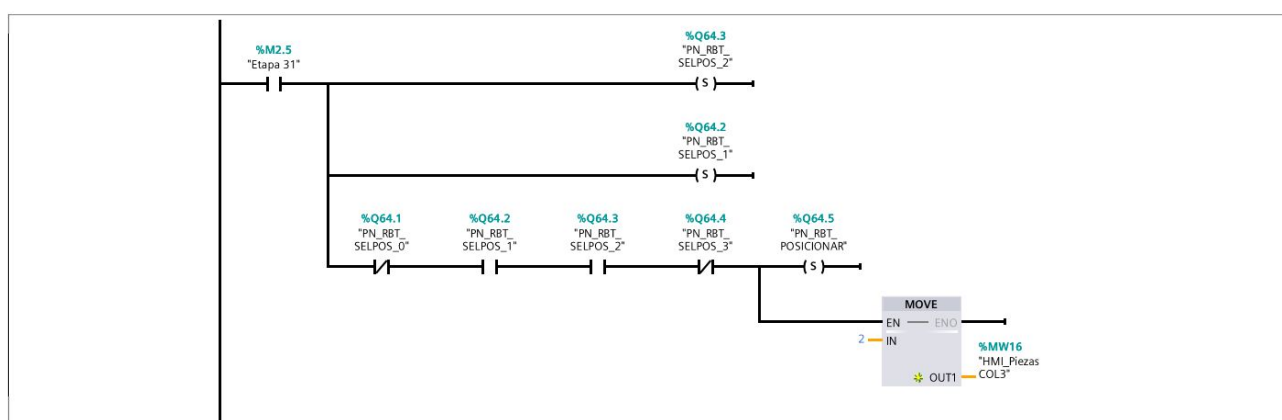
Segmento 15: ETAPA 24



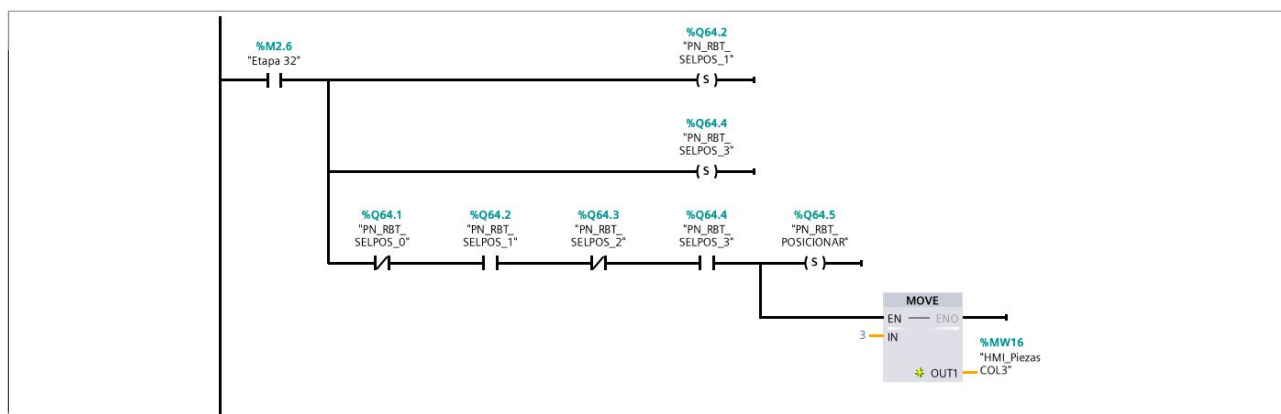
Segmento 16: ETAPA 30



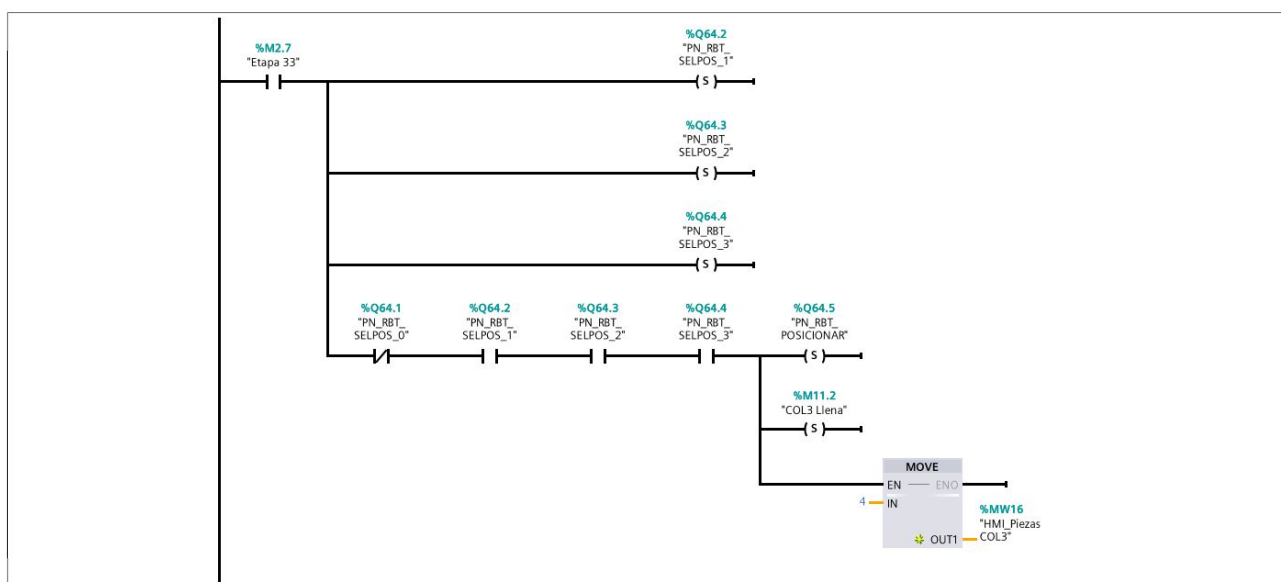
Segmento 17: ETAPA 31



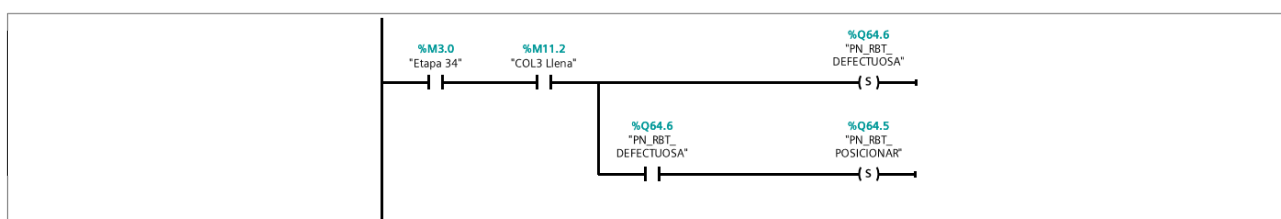
Segmento 18: ETAPA 32



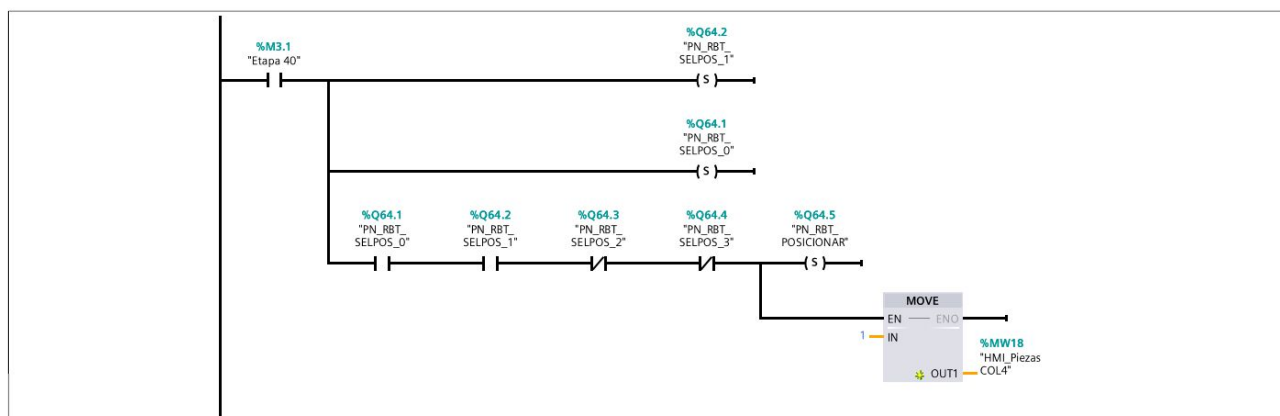
Segmento 19: ETAPA 33



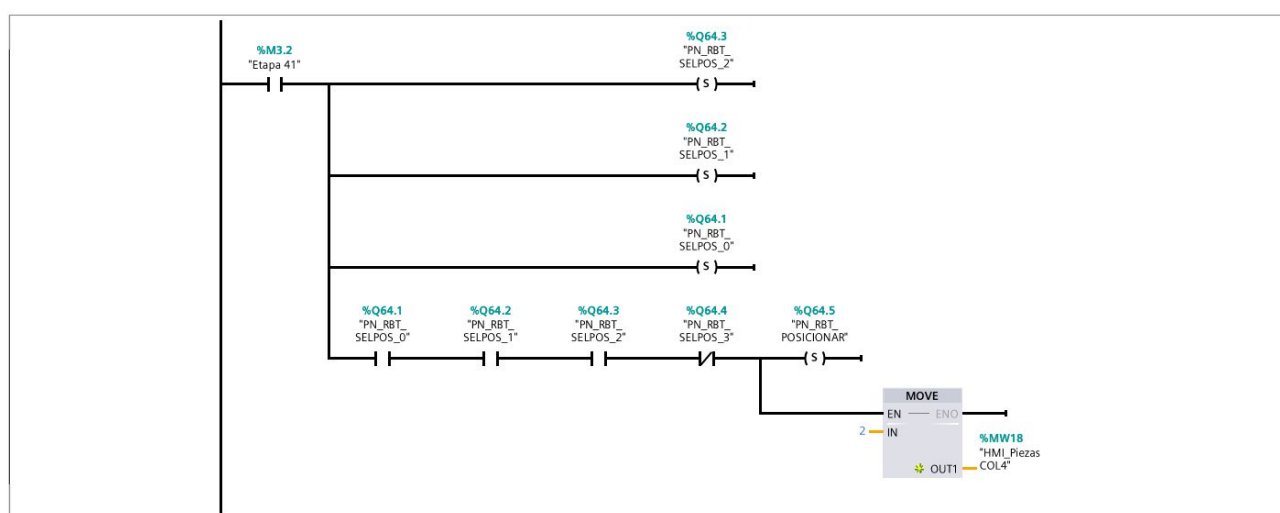
Segmento 20: ETAPA 34



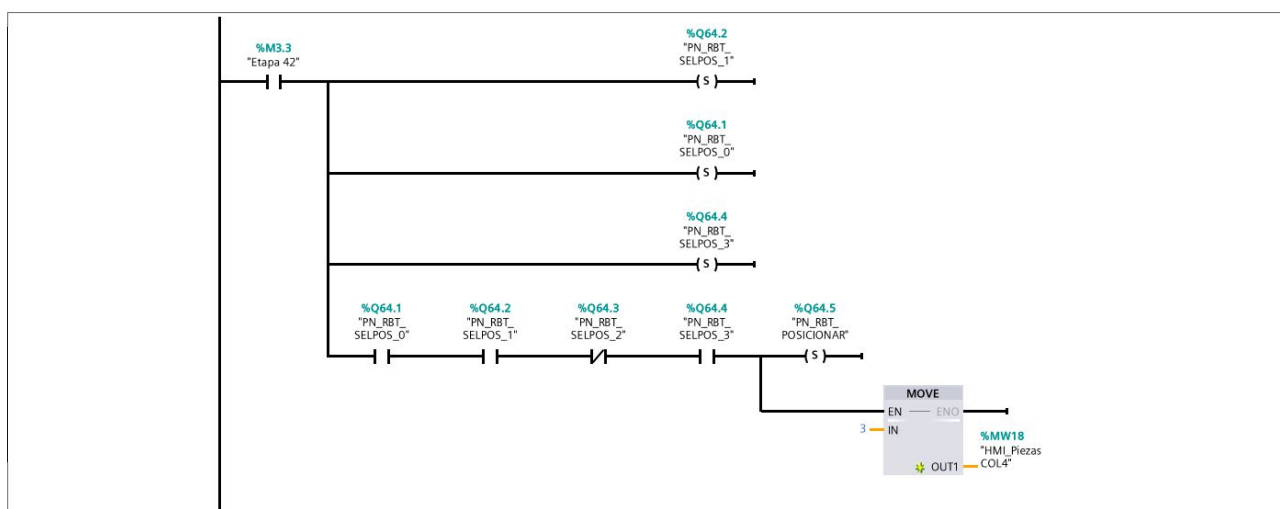
Segmento 21: ETAPA 40



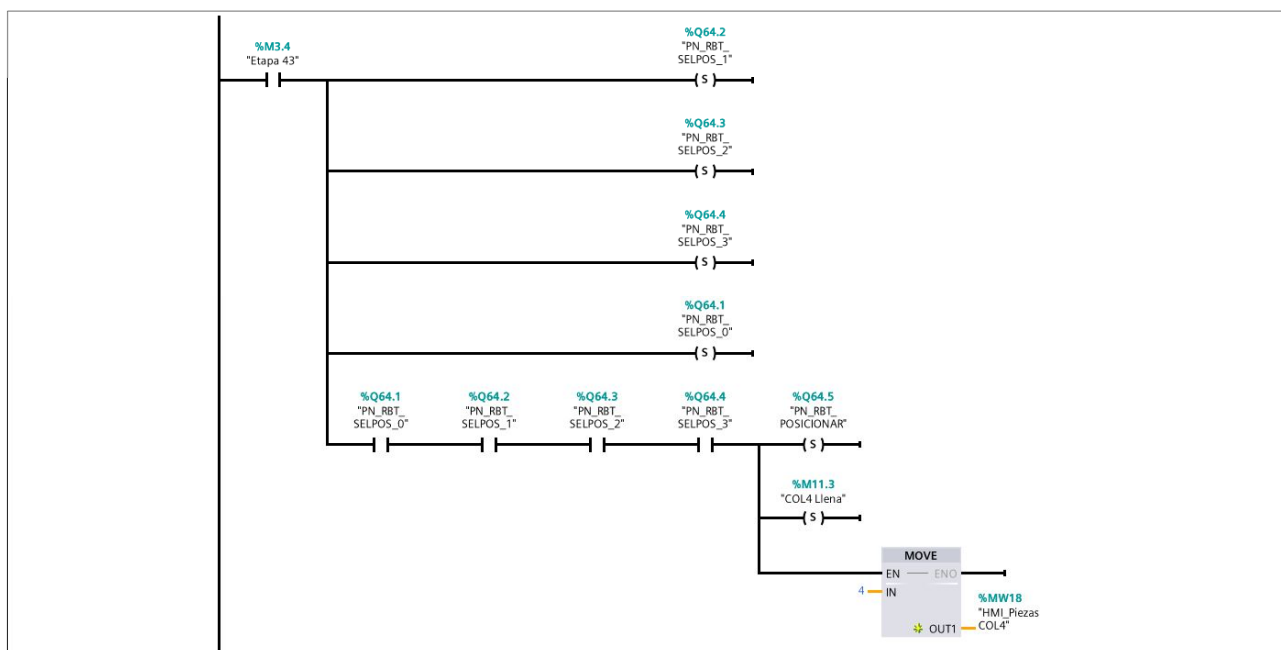
Segmento 22: ETAPA 41



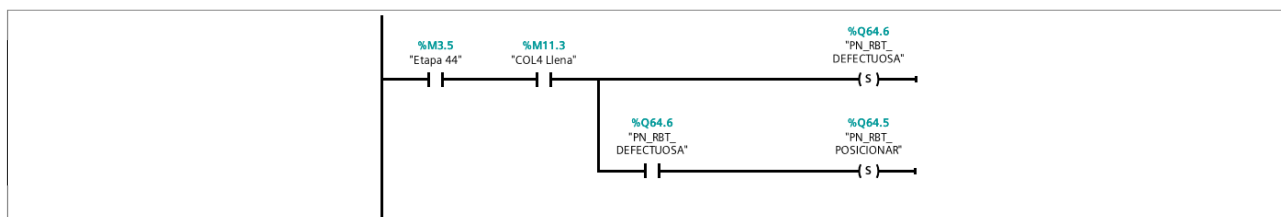
Segmento 23: ETAPA 42



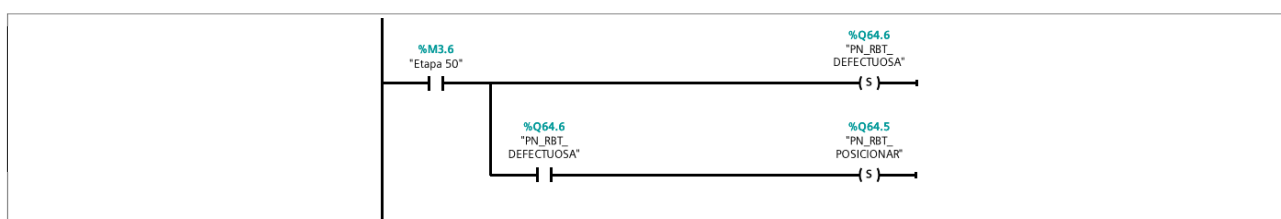
Segmento 24: ETAPA 43



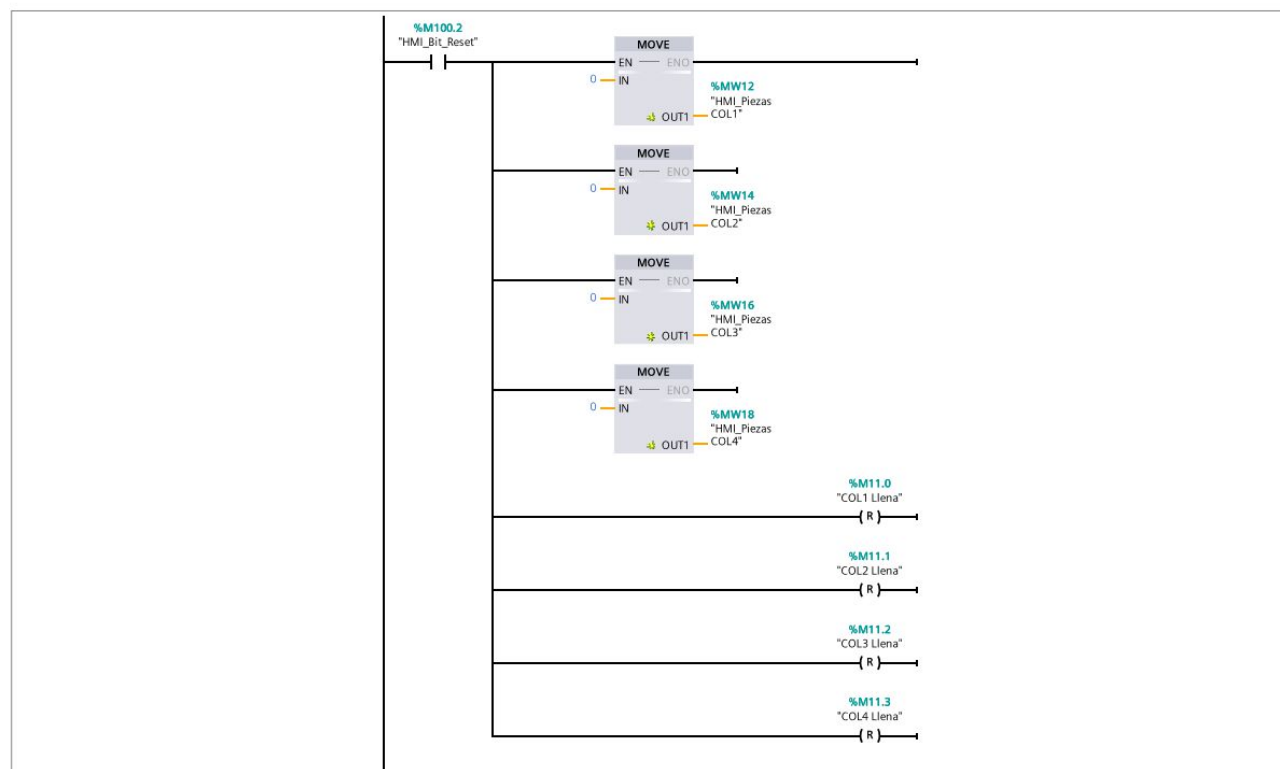
Segmento 25: ETAPA 44



Segmento 26: ETAPA 50

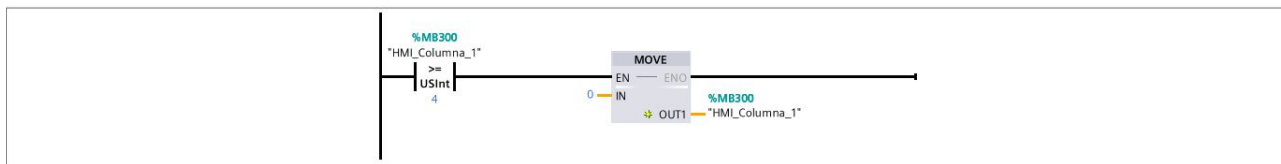


Segmento 27: Activación Bit RESET

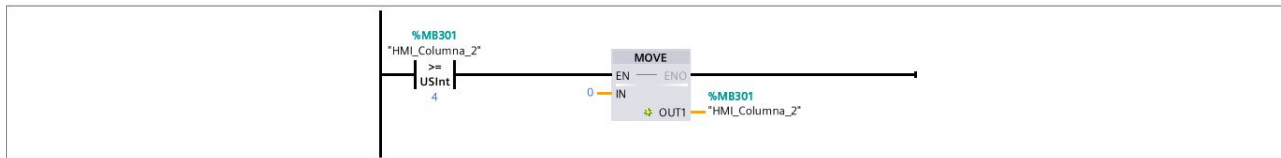


Rutinas comunes

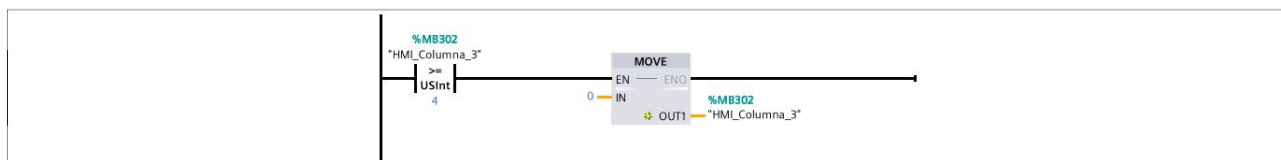
Segmento 1:



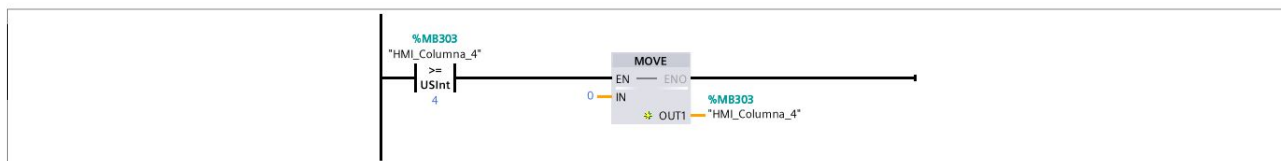
Segmento 2:



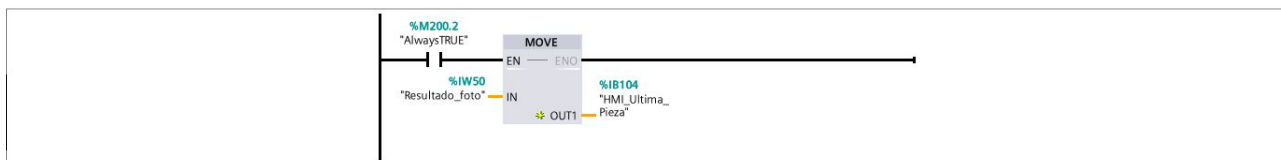
Segmento 3:



Segmento 4:



Segmento 5:



B2. Programa Robot

MODULE MainModule

```
!*****
!*           DEFINICIÓ DE VARIABLES           *
!*****
```

VAR num posicion := 0;

```
!*****
```

```
!*****
!*           POSICIONES RELATIVAS (ROBTARGET)           *
!*****
```

! Posición inicial con las singularidades de posición rotas.

CONST robtarget p_Home:=[[339.14,0.02,550.01],[0.261188,-0.100859,-0.956265,-0.0846488],[0,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Posición inicial con todos los ejes a 0. Posición de marcas.

CONST robtarget p_Marcas:=[[411.77,-1.16,559.21],[0.26759,-0.0171386,-0.961412,-0.0615505],[0,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Posicionamiento herramienta centrada en la CINTA 1, desde la posición de HOME se llega girando solo un eje.

CONST robtarget p10:=[[40.63,-336.70,550.00],[0.139284,-0.709873,-0.648607,-0.236621],[-1,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Primera aproximación pieza CINTA 1.

CONST robtarget p20:=[[40.63,-362.91,430],[0.139301,-0.709872,-0.648603,-0.236626],[-1,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Segunda aproximación para la sujeción de la pieza posicionada en la CINTA 1.

CONST robtarget p30:=[[40.63,-362.91,424.08],[0.139301,-0.709872,-0.648603,-0.236626],[-1,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Aproximación a la horizontal de la fila 1 del almacén 1 desde la posición Home.

CONST robtarget p40:=[[416.78,0.6,57.66],[0.261384,-0.100893,-0.956214,-0.0845838],[0,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Primera aproximación a sobre de la posición 1 del almacén 1.

CONST robtarget p50:=[[419.95,-172.62,57.65],[0.261396,-0.100893,-0.956209,-0.0845931],[-1,-1,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Segunda aproximación para dejar la pieza en la posición 1 del almacén 1.

CONST robtarget p60:=[[419.94,-172.61,39.84],[0.261415,-0.10089,-0.956204,-0.0846008],[-1,-1,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Posicionamiento herramienta centrada en la CINTA 2, des de la posición HOME se llega girando solo un eje.

CONST robtarget p270:=[[-0.27,338.81,550.43],[0.244165,0.605336,-0.747307,0.124434],[1,1,-2,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Primera aproximación pieza en CINTA 2.

CONST robtarget p280:=[[-0.27,428.70,550.42],[0.244177,0.605336,-0.747303,0.124436],[1,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Segunda aproximación pieza en CINTA 2.

CONST robtarget p290:=[[-13.25,429.30,459.45],[0.244186,0.605333,-0.747299,0.124462],[1,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

! Tercera aproximación para la sujeción pieza posicionada en CINTA 2.

CONST robtarget p300:=[[-13.25,429.31,438.43],[0.244183,0.605321,-0.747309,0.124459],[1,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

|*****

```

|*****
!*          POSICIONES ABSOLUTAS (JOINTTARGET)          *
|*****

```

! Las etiquetas corresponden a la misma posición que el tipo ROBTARGET.

```

CONST jointtarget jpos_Home:=[[4.99835,-14.9999,15.0015,90.003,-14.999,-
90.003],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos_Marcas:=[[0,0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos10:=[[-78.1245,-14.9992,15.0008,90.0005,-15.001,-
90.0003],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos20:=[[-79.3227,-10.0783,33.3561,31.8659,-26.8593,-
29.0124],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos30:=[[-79.3227,-9.82668,34.2573,30.7095,-27.8449,-
27.709],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos40:=[[3.85464,59.1246,29.379,13.8581,-88.5232,-
0.366844],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos50:=[[-26.0297,61.6057,20.7032,-16.1691,-
82.5789,2.12892],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos60:=[[-26.0289,65.1795,18.6149,-16.1182,-
84.0114,1.71111],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos270:=[[95.0451,-15.0729,15.0023,90.0057,-14.996,-
90.0047],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos280:=[[93.6353,3.72169,-2.14117,83.2162,-13.6834,-
83.0153],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos290:=[[95.9261,3.06269,15.4492,41.7582,-24.2564,-
39.1444],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

CONST jointtarget jpos300:=[[95.9261,3.64124,18.7591,36.6661,-27.2713,-
33.4926],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

```

```

|*****

```

PROC main()

! Presurización del sistema neumático

Set RBT1_DO10_1;

! Etiqueta para reiniciar ciclo

inicio:

Set PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;

! Realizamos un Home del robot

MoveAbsJ jpos_Home\NoEOffs, v200, z0, Tool_Ventosa1617;

! Esperamos a que llegue una pieza al final de la Cinta 1

Reset PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;

WaitDI RBT1_DI10_1,1;

Set PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;

! Sujetamos la pieza

MoveJ p10,v200,z10,Tool_Ventosa1617;

MoveJ p20,v200,z10,Tool_Ventosa1617;

MoveLDO p30,v10,z0,Tool_Ventosa1617,RBT1_DO10_2,1;

! Volvemos hacia arriba, pasamos por HOME y vamos a enseñarle la pieza a la cámara

MoveJ p20,v200,z10,Tool_Ventosa1617;

MoveJ p10,v200,z10,Tool_Ventosa1617;

MoveAbsJ jpos_Home\NoEOffs, v200, z0, Tool_Ventosa1617;

! Como no sabemos la posición de la cámara supondremos que es en la posición de reposo del almacén 1

! Cuando lleguemos a la posición activamos una salida Profinet para que el PLC haga la foto.

MoveJDO p40, v200, z10, Tool_Ventosa1617, RBT1_DO10_1,1;

Reset PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;

Gestion_Piezas;

GOTO inicio

ENDPROC



PROC Gestion_Piezas()

Reset PN_POS_OK;

Set PN_PIEZA_PARA_RECONOCIMIENTO;

! El PLC hace una foto del equipo e indica al robot a donde tiene que ir.

WaitDI PN_POSICIONAR,1;

posicion :=0;

! Miramos si la pieza es defectuosa, en el caso que no, calculamos la posición a la que tiene que ir y saltamos a la siguiente rutina.

IF PN_DEFECTUOSA = 1 THEN

Posicionar_Defectuosa;

ELSE

! Calculamos cual es la posición a la que tiene que ir la pieza.

IF PN_SELPOS_0 = 1 THEN

posicion := posicion + 1;

ENDIF

IF PN_SELPOS_1 = 1 THEN

posicion := posicion + 2;

ENDIF

IF PN_SELPOS_2 = 1 THEN

posicion := posicion + 4;

ENDIF

IF PN_SELPOS_3 = 1 THEN

posicion := posicion + 8;

ENDIF

Set PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;

Posicionar_Almacen;

ENDIF

ENDPROC

PROC Posicionar_Almacen()

TEST posición

CASE 0:

```
MoveJ p50, v200, z0, Tool_ventosa1617;  
MoveLDO p60, v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2, 0;  
MoveL p50, v200, z0, Tool_ventosa1617;
```

CASE 1:

```
MoveJ offs(p50, 0, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;  
MoveLDO offs(p60, 0, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2, 0;  
MoveL offs(p50, 0, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
```

CASE 2:

```
MoveJ offs(p50, 0, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;  
MoveLDO offs(p60, 0, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2, 0;  
MoveL offs(p50, 0, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
```

CASE 3:

```
MoveJ offs(p50, 0, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;  
MoveLDO offs(p60, 0, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2, 0;  
MoveL offs(p50, 0, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
```

CASE 4:

```
MoveJ offs(p50, 40, 0, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;  
MoveLDO offs(p60, 40, 0, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2, 0;  
MoveL offs(p50, 40, 0, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
```

CASE 5:

```
MoveJ offs(p50, 40, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;  
MoveLDO offs(p60, 40, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2, 0;  
MoveL offs(p50, 40, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
```

CASE 6:

```
MoveJ offs(p50, 40, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;  
MoveLDO offs(p60, 40, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2, 0;  
MoveL offs(p50, 40, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
```

CASE 7:

MoveJ offs(p50, 40, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
 MoveLDO offs(p60, 40, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2,0;
 MoveL offs(p50, 40, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;

CASE 8:

MoveJ offs(p50, 80, 0, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
 MoveLDO offs(p60, 80, 0, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2,0;
 MoveL offs(p50, 80, 0, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;

CASE 9:

MoveJ offs(p50, 80, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
 MoveLDO offs(p60, 80, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2,0;
 MoveL offs(p50, 80, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;

CASE 10:

MoveJ offs(p50, 80, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
 MoveLDO offs(p60, 80, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2,0;
 MoveL offs(p50, 80, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;

CASE 11:

MoveJ offs(p50, 80, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
 MoveLDO offs(p60, 80, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2,0;
 MoveL offs(p50, 80, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;

CASE 12:

MoveJ offs(p50, 120, 0, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
 MoveLDO offs(p60, 120, 0, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2,0;
 MoveL offs(p50, 120, 0, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;

CASE 13:

MoveJ offs(p50, 120, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
 MoveLDO offs(p60, 120, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2,0;
 MoveL offs(p50, 120, 45, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;

CASE 14:

MoveJ offs(p50, 120, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
 MoveLDO offs(p60, 120, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2,0;
 MoveL offs(p50, 120, 90, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;

CASE 15:

```
MoveJ offs(p50, 120, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;  
MoveLDO offs(p60, 120, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617, RBT1_DO10_2,0;  
MoveL offs(p50, 120, 135, 0), v200, z0, Tool_ventosa1617;
```

DEFAULT:

EXIT;

ENDTEST

! Volvemos al inicio de la posición del almacen

```
MoveL p40,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
```

```
Reset PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;  
Set PN_POS_OK;
```

ENDPROC

PROC Posicionar_Defectuosa()

```
Set PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;
```

! Nos movemos a la posición de referencia

```
MoveJ p_Home,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
```

!Portem la peça fins al rebuig de la CT2

```
MoveJ p270,v200,z10,Tool_Ventosa1617;  
MoveJ p280,v200,z10,Tool_Ventosa1617;  
MoveJ p290,v200,z10,Tool_Ventosa1617;  
MoveLDO p300,v10,z0,Tool_Ventosa1617,RBT1_DO10_2,0;
```

! Tornem fins posició de referencia

```
MoveL p290,v10,z10,Tool_Ventosa1617;  
MoveJ p280,v200,z10,Tool_Ventosa1617;  
MoveJ p270,v200,z0,Tool_Ventosa1617;  
MoveJ p_Home,v200,z10,Tool_Ventosa1617;
```

```
Reset PN_RBT_ROBOTENMOVIMENT;  
Set PN_POS_OK;
```

ENDPROC

ENDMODULE

